

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1 Pengertian *knuckle*

Steering knuckle merupakan salah satu bagian penting dari sistem suspensi depan mobil yang banyak menerima pembebanan, baik pengaruh pembebanan dari dalam maupun dari luar (Erinofiardi, 2012). *Steering knuckle* berfungsi untuk menahan beban yang diberikan pada roda-roda depan dan berfungsi sebagai poros putaran roda. Berputar dengan tumpuan *ball joint* atau *king pin* dari suspension arm (Berliana, 2021). Oleh karena itu diperlukan material yang memenuhi standar kerja dari *steering knuckle* tersebut. Aspek-aspek yang paling berpengaruh dalam pemilihan material untuk *steering knuckle* (daihatsu, 2023). dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

2.1.1 Pembebanan

Karena *steering knuckle* merupakan bagian dari sistem, dan terhubung antara satu dan lainnya, maka *steering knuckle* menerima banyak kombinasi pembebanan, antarlain gaya normal tekan dan tarik juga beban *impak*. Oleh karena itu, material digunakan harus kuat dan cukup ulet sesuai dengan standar kerjanya. Material yang dipakai sebagai *steering knuckle* harus memiliki *toughness* yang tinggi

2.1.2 Kondisi operasional

Material yang digunakan harus memiliki ketahanan *korosif* yang cukup baik, karena tempat kerja *steering knuckle* berada dibagian bawah kendaraan dan berhubungan langsung dengan tanah dan lumpur serta udara luar (Erinofiardi, 2012).

Terdapat 3 jenis material dengan proses manufaktur yang berbeda yang biasa digunakan untuk *steering knuckle*, yaitu: *forged steel*, *cast aluminum*, dan *cast iron*. Perbandingan sifat mekanik dari ketiga material tersebut terlihat pada tabel berikut:

tabel 2. 1 tabel perbandingan sifat 3 material(Erinofiardi, 2012)

Table 1: Summary of mechanical properties and their comparative ratios (forged steel is taken as the base for ratio calculations).

	Forged Steel 11V37	Cast Aluminum A356-T6	ratio	Cast Iron 65-45-12	ratio
Monotonic Properties					
Modulus of elasticity, E (GPa)	201	78	0.39	193	0.96
Yield strength (0.2% offset), YS (MPa)	556	232	0.42	300	0.54
Ultimate strength, S_u (MPa)	821	302	0.37	471	0.57
Percent elongation, %EL (%)	21	5	0.24	10	0.48
Percent reduction in area, %RA (%)	37	10	0.27	25	0.68
Strength coefficient, K (MPa)	1,347	418	0.31	796	0.59
Strain hardening exponent, n	0.157	0.095	0.6	0.187	1.19
True fracture strength, σ_f (MPa)	486	301	0.6	219	0.44
True fracture ductility, ϵ_f (%)	47	10	0.23	28	0.59
Cyclic and Fatigue Properties					
Cyclic modulus of elasticity, E' (GPa)	195	73	0.38	169	0.87
Cyclic strength coefficient, K' (MPa)	1,269	430	0.34	649	0.51
Cyclic strain hardening exponent, n'	0.137	0.063	0.46	0.075	0.55
Cyclic yield strength, YS' (MPa)	541	291	0.54	407	0.75
Fatigue strength coefficient, σ_f' (MPa)	1,157	666	0.58	761	0.66
Fatigue strength exponent, b	-0.082	-0.117	1.42	-0.076	0.92
Fatigue ductility coefficient, ϵ_f'	3.032	0.094	0.03	0.864	0.28
Fatigue ductility exponent, c	-0.791	-0.61	0.77	-0.771	0.97
Fatigue strength, S_f @ 10^7 cycles (MPa)	352	122	0.35	253	0.72

1.2 Pengertian *Inventor*

AutoCAD merupakan suatu perangkat lunak standar untuk menggambar denah, tampak, potongan ataupun interior dari suatu bangunan. Contoh, pemakai diberi kebebasan mengembangkan sendiri perangkat ini lewat *AUTOLIPS*-nya, supaya sesuai dengan kebutuhan pribadi dari pemakai.

Selain itu, *AutoCAD* juga dilengkapi fasilitas yang memudahkan pemakai untuk mengekspresikan idenya secara maksimal serta mengeksploitasikannya dalam bentuk gambar yang sangat menarik dan komunikatif dalam waktu relatif singkat. *Autodesk inventor* merupakan sebuah progaaam *CADD* dalam bidang teknik yang diaplikasikan untuk perancangan mekanik dalam bentuk 3D. *Autodesk Inventor* merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti *design* produk, *design* mesin, *design mold*, *design* konstruksi, atau keperluan produk teknik lainnya. Program ini merupakan rangkaian dari program penyempurnaan dari *Autocad* dan *Autodesk Mechanical Desktop*. Lebih lanjut, program ini sangat cocok bagi pengguna *Autodesk Autocad* yang ingin meningkatkan kemampuannya karena memiliki konsep yang hampir sama dalam menggambar 3D. *Autodesk inventor* merupakan salah satu *software CADD (Computer Aided Drawing And Design)* yang dikeluarkan oleh perusahaan asal Amerika bernama *Autodesk*. Sebagai *software CAD*, *Autodesk inventor* sangat sesuai diaplikasikan dalam pekerjaan perancangan komponen mekanik, perancangan sistem mekanik hingga analisis kekuatan mekanis dari komponen - komponen mekanik yang dirancang. Sifat *parametrik* yang dimiliki *software* ini menjadikannya mudah untk di edit dan dimodifikasi. (Toteles, 2021)menjelaskan, *Autodesk Inventor* adalah program pemodelan *solid* berbasis fitur *paramaterik*, artinya semua objek dan hubungan antar *geometri* dapat dimodifikasi kembali meski *geometrinya* sudah jadi tanpa mengulang lagi dari awal. Hal ini sangat memudahkan kita ketika sedang dalam proses *design* suatu produk atau

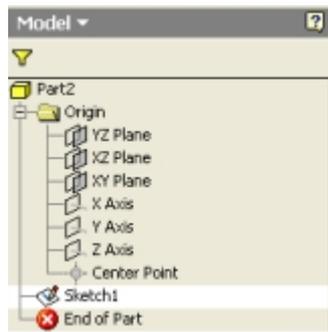
rancangan. Untuk membuat model 3D yang *solid* atau *surface*, kita harus membuat *sketch*-nya terlebih dahulu atau mengimpor gambar 2D dari *Autodesk Autocad*. Setelah gambar atau model 3D tersebut jadi, kita dapat membuat gambar kerjanya menggunakan fasilitas *drawing*. *Autodesk Inventor* adalah salah satu produk dari *Autodesk Corp.* yang diperuntukan untuk *engineering design and drawing*. *Autodesk Inventor* merupakan produk dari *CAD* setelah *AutoCAD* dan *Autodesk Mechanical Desktop*. *Autodesk Inventor* memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan *drafter* dalam design serta tampilan yang lebih menarik. karena material yang disediakan semirip material aslinya (Stevie Pramudita & , Rusnaldy, 2017).

1.3 Pengenalan Autodesk inventor 2021

2.3.1 Tampilan Browser Bar

Pada *browser Bar* akan tampak tampilan seperti di bawah ini, dimana *Sketch1* berwarna terang menunjukkan sedang aktif. Setelah *Sketch* ini diberikan fitur *Part*, maka otomatis *Sketch* akan dikonsumsi dan menjadi bagian dari fitur *Part*. Di setiap Mode *Sketch* akan terdapat bantuan berupa sumbu dan bidang *Origin* yang letaknya tetap. Terdapat tiga bidang utama yang merupakan persilangan dari dua sumbu, yaitu bidang YZ, XZ dan XY sebagai acuan bidang *Sketch*. Untuk membantu pembuatan bentuk-bentuk geometri, selain bidang-bidang tersebut di atas terdapat pula sumbu X, Y dan Z dan juga titik pusat (*center point*). *End of Part* merupakan pembatas dari proses atau anggota yang didaftarkan pada *Browser Bar*. Apabila kita

memindah *Sketch* atau fitur ke bawah *End of Part*, maka *Sketch* atau fitur tersebut akan tidak aktif dan dianggap tidak ada (Pd & Yogyakarta, 2023).



Gambar 2.1 Tampilan *Browser Bar* (Pd & Yogyakarta, 2023).

2.3.2 Tampilan *Sketch Panel Bar*

Untuk Mode *Sketch*, Bar menampilkan 2D *Sketch Panel* yang berisi perintah-perintah pembuatan *Sketch* bentuk *geometri*. *Shortcut keyboard* untuk mempercepat pelaksanaan perintah (*command*) ditampilkan disebelah *command* yang bersangkutan. 2D *sketch panel* digunakan di *Modeling Environment* untuk membuat sketsa 2D *Parametric*, *Dimension*, dan *Constraints*. *Tools* yang sama dapat digunakan pada *Assembly Sketch Panel* saat membuat sketsa di-*Assembly Environment* (Pd & Yogyakarta, 2023).



Gambar 2.2 Tampilan *Sketch Panel Bar*
(Pd & Yogyakarta, 2023)

2.3.3 Kelompok *Command Draw*

1. *Line*: Berfungsi untuk membuat garis lurus. *Command* ini dapat diganti dengan *dropdown* menjadi perintah *Spline* (*kurva*).
2. *Circle*: Terdapat pilihan *Center Point Circle* untuk membuat lingkaran dengan Berfungsi untuk membuat lingkaran menentukan pusat dan radiusnya; *Tangent Circle* untuk membuat lingkaran yang menyinggung tiga buah garis; dan *Ellipse* untuk membuat bentuk *elips* dengan menentukan titik pusat dan sumbunya.
3. *Rectangle*: Berfungsi untuk membuat bentuk persegi. Terdapat pilihan *Two Point Rectangle* untuk membuat persegi panjang dengan menentukan dua titik pada diagonalnya, dan *Three Point Rectangle* untuk membuat persegi dengan menentukan tiga titik pada sudut-sudutnya.

4. *Fillet*: Berfungsi untuk memberikan Radius (*Fillet*) atau *Chamfer* pada sudut suatu bentuk geometri.
5. *Point,Hole Center*: Berfungsi untuk menggambar titik atau menentukan titik referensi pembuatan lubang.
6. *Polygon*: Berfungsi untuk membuat segibanyak, dengan pilihan *Inscribed* (menyinggung lingkaran di dalam) dan *Subscribed* (menyinggung lingkaran di luar) (Pd & Yogyakarta, 2023).

2.3.4 Kelompok *Command* Modifikasi

1. *Mirror*: Digunakan untuk membuat bentuk geometri yang dicerminkan dari bentuk yang dipilih dengan menentukan garis pencerminan *Rectangular*.
2. *Pattern*: Digunakan untuk membuat pola persegi dengan *duplikasi* dalam sejumlah baris dan kolom. Perlu ditentukan juga jarak antar baris dan kolom berikut arah *duplikasinya*.
3. *Circular Pattern*: Digunakan untuk membuat pola melingkar dari suatu obyek dengan menentukan sumbu pusat perputaran, jumlah *duplikasi* dan sudut yang melingkupi.
4. *Offset* : Untuk membuat bentuk *geometri* yang sebangun dengan bentuk *obyek* yang dipilih dengan menentukan jarak tertentu dari obyek aslinya(Pd & Yogyakarta, 2023).

2.3.5 Kelompok *Command Transformasi*

1. *Extend*: Digunakan untuk memperpanjang suatu garis atau *kurva* sampai titik perpotongan terdekat dengan *kurva* yang lain.
2. *Move*: Digunakan untuk menggeser bentuk obyek dengan pergeseran tertentu. Di dalamnya juga terdapat menu *Copy*, sehingga benda yang digeser akan *diduplikasi* ke titik tujuan pergeserannya.
3. *Trim*: Digunakan untuk memotong garis atau *kurva* di dalam ruas yang berpotongan dengan garis atau *kurva* lain.
4. *Rotate*: Digunakan untuk memutar obyek yang dipilih dengan menentukan titik pusat perputaran dan sudut putarnya. Di dalamnya juga terdapat menu *Copy* sehingga benda yang diputar akan *diduplikasi* ke sudut tujuan perputarannya. (Pd & Yogyakarta, 2023)

2.3.6 Kelompok *Command Anotasi*

1. *General Dimension*: Digunakan untuk memberikan ukuran secara umum dan manual.
2. *Auto Dimension*: Digunakan untuk menentukan ukuran secara otomatis dengan hanya memilih bentuk *geometri* yang akan diberikan ukuran (Pd & Yogyakarta, 2023).

1.4 Konsep Tegangan dan Regangan

1.4.1 Tegangan (*stress*)

Tegangan adalah besarnya gaya yang diberikan oleh molekul-molekul terhadap luasan penampang (dti, 2021). Menurut (popov, 1984) dalam bukunya yang berjudul mekanika teknik bahwa gaya dalam yang bekerja pada luas yang kecil tak terhingga sebuah potongan, akan berdiri dari macam-macam besaran dan arah. Pada suatu bidang yang dikenai suatu gaya akan terdapat dua jenis regangan yang mempengaruhi bidang tersebut yaitu, tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya aksial dan momen lentur. sedangkan tegangan geser adalah tegangan yang sejajar terhadap permukaan benda yang ditimbulkan oleh gaya geser, gaya 24 puntir, dan torsi. Bila benda tersebut mendapatkan gaya maka menghasilkan tegangan pada material benda tersebut (moh.agus setiawan, 2022). Menurut teori tegangan *von Mises*, material akan luluh ketika nilai *distorsi* kritis tercapai. Hal ini sering disebut teori *Maxwell-Huber-Hencky-von Mises*, teori energi distorsi, teori energi geser, atau teori tegangan geser oktahedral. Ini dapat diterapkan secara luas dalam Analisis Elemen Hingga. Nilai kritis dan spesifik untuk setiap material ini mudah diperoleh dengan melakukan uji tegangan sederhana (Ishchuk, 2024).

1.4.2 Regangan (*Displacement*)

Regangan adalah pertambahan panjang suatu benda terhadap panjang mula-mula yang disebabkan oleh adanya gaya luar yang mempengaruhi benda. Regangan dapat diartikan juga sebagai ukuran perubahan dimensi yang terjadi akibat tegangan (dti, 2021). Perpanjangan setiap satuan panjang disebut sebagai regangan (*Strain*). Regangan adalah besaran yang tidak berdimensi, tetapi baik memberinya memiliki dimensi m/m. Kadang-kadang regangan diberikan dalam bentuk persen. Besaran regangan sangat kecil, Kecuali untuk beberapa bahan seperti karet (moh.agus setiawan, 2022). kriteria *von Mises* tidak boleh diterapkan untuk beton. Sebenarnya, pengekangan memiliki pengaruh yang jauh lebih kuat pada kekuatan kegagalan daripada yang diprediksi oleh kriteria *von Mises* (Kollár, 2021). Secara sistematis regangan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Regangan } (\varepsilon) = \delta/L$$

Dimana ε = Regangan

δ = Pertambahan panjang total (m)

L = Panjang awal (m)

1.4.3 Teori Kegagalan Statis dan Tegangan *von Mises*

Kegagalan pada suatu elemen mesin dapat terjadi dalam berbagai wujud seperti misalnya *yielding*, retak, patah, korosi, aus dan lain-lain. Penyebab kegagalan juga bermacam-macam seperti misalnya salah desain, beban operasional, kesalahan *maintenance*, cacat material, temperatur, lingkungan,

waktu dan lain-lain. Dalam beberapa kasus kegagalan juga berakibat oleh beban mekanis yaitu yang berhubungan dengan jenis tegangan yang terjadi pada komponen mesin. Dengan pengetahuan yang lengkap tentang kegagalan, maka para insyur dapat mempertimbangkan berbagai aspek penyebab kegagalan dalam perancangan sehingga diharapkan kegagalan tidak akan terjadi selama umur teknisnya (moh.agus setiawan, 2022).

1.4.4 Faktor Keamanan (*factor of safety*)

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Faktor ini identik dengan perbandingan antara tegangan ijin (*allowable stress*) dengan tegangan terbesar (*maximum stress*) yang terjadi (Mulyatno et al., 2014). Ada beberapa rumusan lain yang menjelaskan faktor keamanan, salah satunya menggunakan kekuatan luluh atau *yield*, secara bawaan software Autodesk menggunakan kekuatan luluh, faktor keamanan dibuat untuk berjaga-jaga dari hal yang nilai faktor keamanan harus lebih 1, faktor keamanan yang kurang dari 1 berarti tidak aman, atau kekuatan desain terlalu kecil dibandingkan yang diperlukan. Akan tetapi nilai yang terlalu tinggi juga tidak baik karena biaya yang dikeluarkan untuk material desain (moh.agus setiawan, 2022).

