MODUL AJAR

KURIKULUM MERDEKA

PENDEKATAN DEEP LEARNING

Terintegrasi: KSE, Budaya Positif & Pembelajaran Terdiferensiasi

GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR

MENGGAMBAR SKETCH 2D DAN 3D MENGGUNAKAN AUTODESK INVENTOR

TEKNIK PEMESINAN





FASE F KELAS XI

ADE FERDIANSYAH, S.ST., M.Pd

Kurikulum Merdeka

SMK NEGERI 2 KABUPATEN TANGERANG

MODUL AJAR

TEKNIK PEMESINAN

ELEMEN GAMBAR GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR

KELAS XII

DISUSUN OLEH

ADE FERDIANSYAH, S.ST., M.Pd

SMKN 2 KABUPATEN TANGERANG

Jl. Raya Mauk Km. 14 Sepatan Tangerang Bnaten

2026

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Modul Ajar Teknik Pemesinan Elemen Gambar Teknik Mnaufaktur Fase F Kelas XII dengan lancar.

Mengutip laman Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek), Kurikulum Merdeka adalah kurikulum dengan pembelajaran intrakurikuler yang beragam, di mana konten pembelajaran akan lebih optimal agar peserta didik memiliki cukup waktu untuk mendalami konsep dan menguatkan kompetensi.

Kurikulum Merdeka memberikan keleluasaan kepada pendidik untuk menciptakan pembelajaran berkualitas yang sesuai dengan kebutuhan dan lingkungan belajar peserta didik.

Penyusunan Modul Ajar Fase F kelas XII ini disesuaikan dengan capaian pembelajaran yang telah ditentukan serta tujuan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik, kompetensi keahlian dan satuan pendidikan. Penyusunan modul ajar ini dirancang dengan pendekatan Deep Learning serta terintegrasi dengan Keterampilan Sosial Emosional (KSE), Budaya Positif dan Pembelajaran terdiferensiasi sehingga memudahkan pembaca dalam memahami dan menerapkannya dalam proses pembelajaran.

Saya menyadari bahwa modul ajar ini masih jauh dari sempurna oleh karenanya saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca, khususnya teman-teman guru di jurusan yang saya ajar sangat kami harapkan untuk revisi edisi berikutnya. Semoga modul ajar ini dapat bermanfaat dalam meningkatkan mutu pendidikan khususnya di SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang.

Tangerang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

COVER MODUL AJAR i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iii

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN v

MODUL AJAR 1 1

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) ……. 7

LAMPIRAN MATERI BAB 1. PENGENALAN AUTODESK INVENTOR 9

MODUL AJAR 2 19

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) ……. 25

LAMPIRAN MATERI BAB 2. FUNGSI MENU SKETCH 2D 28

MODUL AJAR 3 31

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) …….. 38

LAMPIRAN MATERI BAB 3. SETTING PLANE 40

MODUL AJAR 4 42

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) …….. 49

LAMPIRAN MATERI BAB IV. 2D SKETCH …….

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN

Sekolah	:	SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang
Bidang Keahlian	:	Teknologi Manufaktur dan Rekayasa
Program Keahlian	:	Teknik Mesin
Kompetensi Keahlian	:	Teknik Pemesinan
Mata Pelajaran	:	Teknik Manufaktur dan Gerinda
Elemen	:	Gambar Teknik Manufaktur
Waktu	:	48 Jam Pelajaran

A. KOMPETENSI

Elemen	Capaian Pembelajaran	Deskripsi
Gambar Teknik Manufaktur	Pada akhir fase F, peserta didik mampu memahami aturan gambar dan tanda pengerjaan, penerapan alat ukur dasar dan presisi pada perancangan gambar, sistem koordinat gambar, perancangan gambar sederhana, perancangan gambar detail, perancangan gambar rakitan yang kompleks menggunakan aplikasi teknologi CAD (software) yang relevan.	Peserta didik mampu menerapkan kaidah gambar teknik manufaktur dalam membuat sketsa 2D, pemodelan 3D, perakitan komponen, dan gambar kerja menggunakan aplikasi Autodesk Inventor.

B. ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN

Elemen	Konten	Tujuan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Gambar Teknik Manufaktur	1. Pengenalan Autodesk Inventor. 2. Fungsi Menu Sketch 2D.	Setelah melakukan kegiatan menggambar langsung, Peserta didik diharapkan dapat: - Siswa dapat menggambar sketch 2D dengan benar. - Siswa mampu memberikan batasan dimensi dan batasan geometrik pada sketch yang dibuat. - Siswa dapat merubah tampilan sketch 2D menjadi tampilan 3D menggunakan fitur part yang diperlukan. - Siswa mampu membuat sketch 2D pada part 3D menggunakan fitur bantuan yang sesuai. - Siswa dapat menambahkan fitur 3D sketch pada part 3D menggunakan fitur tambahan yang sesuai	15 JP
	3. Fungsi Menu Sketch 3D.	Setelah melakukan kegiatan menggambar langsung, peserta didik	5 JP

	4. Latihan dan Praktik Menggambar.	diharapkan dapat: - Siswa dapat menggambar sketch 2D dapat dibuat dengan benar. - Siswa mampu membuat part sederhana. - Siswa mampu membuat sketch 2D pada pada part 3D menggunakan fitur part yang diperlukan. - Siswa dapat memambahkan fitur 3D sketch pada part 3D menggunakan fitur tambahan yang sesuai.	

MODUL AJAR 1

TEKNIK PEMESINAN

ELEMEN GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR

(Menggambar Sketch 2D dan 3D Menggunakan Autodesk Inventor)

FASE F
KELAS XII SEMESTER GANJIL

KONTEN
Pengenalan Autodesk Inventor

A. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	:	Ade Ferdiansyah, S.ST., M.Pd
NIP	:	198107102025211029
Pangkat/Gol. Ruang	:	IX
Jabatan	:	Guru
Unit Kerja	:	SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang
Bidang Keahlian	:	Teknologi Manufaktur dan Rekayasa
Program Keahlian	:	Teknik Mesin
Tahun Pelajaran	:	2026/2027
Mata Pelajaran	:	Teknik Manufaktur dan Gerinda
Konten	:	Pengenalan Autodesk Inventor
Fase/Kelas/Semester	:	F/XII/5
Alokasi Waktu	:	5 x 45 Menit

B. INFORMASI UMUM

Kompetensi Awal :

- Siswa telah memahami dasar-dasar pengoperasian komputer, mengenal perangkat lunak gambar teknik seperti AutoCAD atau software sejenis, serta mengetahui fungsi dasar dari gambar teknik dalam proses manufaktur

Profil Pelajar Pancasila :

- Bernalar Kritis; Siswa menganalisis fitur-fitur pada Autodesk Inventor dan mengaitkannya dengan kebutuhan menggambar teknik secara akurat di dunia industri manufaktur.
- Kreatif; Siswa mengembangkan imajinasi teknis dan kemampuan berpikir visual dalam merancang model 2D/3D menggunakan software desain.
- Mandiri; Siswa dituntut untuk belajar mengeksplorasi menu dan antarmuka Autodesk Inventor secara mandiri dan bertanggung jawab terhadap proses belajarnya.
- Bergotong Royong (jika dilakukan diskusi kelompok); Dalam kegiatan eksplorasi atau diskusi, siswa dapat bekerja sama untuk memahami fungsi menu dan menyusun gambar kerja secara tim.

Elemen : Gambar Teknik Manufaktur

Konten : Pengenalan Autodesk Inventor.

Capaian Pembelajaran :

- Pada akhir fase F, peserta didik mampu memahami aturan gambar dan tanda pengerjaan, penerapan alat ukur dasar dan presisi pada perancangan gambar, sistem koordinat gambar, perancangan gambar sederhana, perancangan gambar detail, perancangan gambar rakitan yang kompleks menggunakan aplikasi teknologi CAD (software) yang relevan.

Model Pembelajaran	:	Ekspositori.
Pendekatan	:	Saintifik (menekankan proses berpikir logis dan sistematis melalui tahapan: mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, menalar/megasosiasi, dan mengomunikasikan)
Mode Pembelajaran	:	Pembelajaran tatap muka (Luring)
Metode Pembelajaran	:	Ceramah dan Demonstrasi.
Bentuk Penilaian	:	Formatif dan Sumatif.
Sarana dan Prasarana	:	Kelas, Komputer, Proyektor.
Alat/Bahan	:	Alat tulis.
Media/Sumber Ajar	:	Media digital interaktif, video tutorial, buku panduan dan modul.
Target Peserta Didik	:	Peserta didik reguler/tipikal (tanpa ketunaan dan kesulitan belajar atau berpencapaian tinggi).

C. KOMPONEN INTI

1. Tujuan Pembelajaran

   Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran, Peserta didik diharapkan dapat:

   - Menjelaskan pengertian Autodesk Inventor.
   - Menyebutkan fungsi utama Autodesk Inventor dalam bidang teknik.
   - Mengidentifikasi tampilan awal dan menu-menu dasar Autodesk Inventor.
   - Menjelaskan manfaat penggunaan Autodesk Inventor dalam perancangan teknik.

2. Pemahaman Bermakna

"Dengan memahami Autodesk Inventor, siswa dapat menguasai dasar-dasar perancangan teknik berbasis digital yang sangat dibutuhkan dalam industri pemesinan modern, sehingga mampu membuat gambar kerja komponen mesin secara presisi dan profesional, sebagai bekal menghadapi dunia kerja dan teknologi manufaktur 4.0."

3. Pertanyaan Pemantik

Mindful Learning (Belajar secara sadar dan fokus):

"Apa saja yang kamu perhatikan saat pertama kali melihat tampilan antarmuka Autodesk Inventor? Mengapa kita perlu mengenal dulu setiap bagian sebelum menggunakannya?"

Joyful Learning (Belajar dengan rasa senang dan antusias) :

"Bayangkan kamu bisa membuat model 3D dari sebuah komponen mesin hanya lewat komputer. Nah kira-kira bagian mana yang menurutmu akan paling menyenangkan untuk dipelajari?"

"Bagian mana dari antarmuka Autodesk Inventor yang menurutmu paling menarik secara visual? Mengapa?"

Meaningful Learning (Belajar bermakna dan terhubung dengan konteks nyata):

"Mengapa Autodesk Inventor penting dipelajari untuk karir di bidang teknik/manufaktur? Bisakah kamu sebutkan contoh produk di sekitar kita yang mungkin didesain dengan software ini?"

"Apa perbedaan mendasar antara menggambar 2D manual (di kertas) dengan sketch 2D di Inventor? Mana yang lebih presisi dan mengapa?"

"Menurut kalian, mengapa banyak perusahaan manufaktur dan bengkel teknik menggunakan Autodesk Inventor untuk merancang produk mereka?" .

4. Persiapan Pembelajaran

Guru melakukan asesmen diagnostik untuk pemetaan dan merancang strategi pembelajaran pada peserta didik sebelum pembelajaran (asesmen diagnostik non kognitif dan asesmen diagnositk kognitif).

Jenis	Aspek Penilaian	Teknik	Instrumen
Asesmen Diagnostik	Diagnostik Non Kognitif (minat, kesiapan belajar dan gaya belajar)	Tes tulis (angket gaya belajar dan minat belajar)	Rubrik
	Diagnostik Kognitif	Tes tulis	Rubrik
Asesmen Formatif	Sikap (afektif)	Observasi	Rubrik
	Asesmen Formatif (kognitif)	Tes tulis Studi Kasus	Rubrik
	Keterampilan (Psikomotor)	Kinerja	Rubrik

D. KEGIATAN PEMBELAJARAN

1. Pendahuluan (1 JP)

Fase 1. Persiapan (Apersepsi dan Motivasi)

- Guru membuka kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam
- Perwakilan peserta didik memimpin doa.
- Guru mengecek kehadiran peserta didik dan menanyakan kabar peserta didik apabila ada yang tidak hadir.
- Guru membuka pembelajaran dengan pertanyaan reflektif yang mengundang siswa untuk merenung tentang pengalaman pribadi mereka terkait **Pengenalan Autodesk Inventor**. *"Pernahkah kalian melihat gambar teknik 3D atau mesin di komputer? Kira-kira bagaimana cara membuatnya?"* (**Joyful Learning**)
- Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan pentingnya menguasai perangkat lunak seperti Autodesk Inventor di bidang pemesinan.
- Guru mengajak murid untuk menyatakan perasaan mereka hari ini dan memastikan mereka siap belajar. **(PSE kesadaran diri)**
- Guru menciptakan suasana belajar yang kondusif dan menggugah rasa ingin tahu siswa.
- Siswa mengisi kuesioner minat dengan google form (**TPACK**)

2. Kegiatan Inti (3 JP menit)

Fase 2. Penyajian (Penyampaian Materi oleh Guru)

- Guru menjelaskan secara sistematis:
  - Pengertian Autodesk Inventor.
  - Fungsi dan manfaatnya dalam dunia teknik.
  - Tampilan antarmuka (interface) dan menu-menu dasar yang ada.
  - Guru dapat menggunakan media visual seperti slide PowerPoint atau video pengenalan. (**Diferensiasi Konten**)

Fase 3. Menghubungkan (Korelasi)

- Guru menghubungkan fungsi Autodesk Inventor dengan pekerjaan nyata di industri pemesinan dan manufaktur.
  Misalnya, "*Dalam merancang komponen mesin seperti poros, rumah bearing, atau dudukan motor, teknisi profesional di industri manufaktur menggunakan Autodesk Inventor untuk menghasilkan gambar kerja 2D dan 3D yang akurat dan siap diproduksi*."

Fase 4. Menyimpulkan (Refleksi Bersama)

- Guru dan siswa menyimpulkan bersama: (**KSE: Keterampilan Berelasi**)
  - Apa itu Autodesk Inventor?
  - Apa manfaatnya bagi siswa jurusan TPM?
  - Menu dasar apa saja yang harus dikenali?
- Guru menegaskan kembali poin-poin penting melalui tanya jawab singkat. (**Budaya Positif: Berfikir Kritis**)

Fase 5. Penerapan (Asesmen / Aplikasi)

- Siswa mengerjakan LKPD yang berisi: (**Budaya Positif: Kejujuran**), (**Diferensiasi Proses**)
  - Pertanyaan pemahaman.
  - Tugas identifikasi tampilan menu dari gambar antarmuka Inventor.
  - Refleksi pribadi terhadap manfaat mempelajari Inventor.
- Guru menilai hasil kerja siswa sebagai bentuk asesmen formatif dan sumatif. (**Diferensiasi Produk**)

3. Kegiatan Penutup (1 JP)

- Guru dan siswa membuat Kesimpulan dari materi yang sudah diterapkan. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)
- Guru memberikan cakupan materi yang akan diajarkan pada pertemuan berikutnya.

E. ASESMEN

Bentuk Asesmen	Teknik Asesmen	Instrumen
Formatif	• Observasi Keterlibatan Siswa • Tanya jawab lisan • Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	• Daftar cek observasi atau catatan anekdot. • Catatan respon siswa. • LKPD yang telah dikoreksi dan dinilai.
Sumatif	• Tes tertulis (non-praktik) • Penilaian Refleksi Siswa	• Soal tes (kertas atau digital) • Bagian refleksi dalam LKPD

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran, peserta didik diharapkan dapat:

- Menjelaskan pengertian Autodesk Inventor.
- Menyebutkan fungsi utama Autodesk Inventor dalam bidang teknik.
- Mengidentifikasi tampilan awal dan menu-menu dasar Autodesk Inventor.
- Menjelaskan manfaat penggunaan Autodesk Inventor dalam perancangan teknik.

Petunjuk Pengisian LKPD

1. Simak penjelasan guru dengan baik.
2. Perhatikan gambar antarmuka Autodesk Inventor!
3. Jawablah pertanyaan dengan singkat, jelas, dan sesuai pemahaman.
4. Diskusikan dengan teman bila diperlukan.

Aktivitas 1: Pahami Dulu Yuk!

1. Apa itu Autodesk Inventor? Jelaskan dengan bahasamu sendiri!

✍️ _____

✍️ _____

2. Tuliskan 3 fungsi utama dari Autodesk Inventor dalam dunia teknik!

a. _____

b. _____

c. _____

3. Perhatikan gambar antarmuka berikut ini! Lengkapi nama bagian-bagian utama berikut ini!

No.	Tampilan Icon	Nama Bagian / Menu
1.	(Gambar Ribbon)	
2.	(Gambar Browser)	
3.	(Gambar Area Kerja)	
4.	(Gambar Quick Access Toolbar)	
5.	(Logo Inventor)	

Aktivitas 2: Refleksi Diri

Menurut kalian, mengapa siswa jurusan TPM perlu mempelajari software seperti Autodesk Inventor?

✍️ _____

✍️ _____

Penilaian

Kriteria	Skor Maksimal
Jawaban deskriptif (soal 1 & 2)	30
Identifikasi menu antarmuka	40
Refleksi siswa dan kerapihan	30
Total Skor	100

F. Refleksi

1. Bagi Guru
   - Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah sesuai dengan apa yang saya rencanakan?
   - Bagian rencana pembelajaran manakah yang sulit dilakukan?
   - Apa yang dapat saya lakukan untuk mengatasi hal tersebut?
   - Berapa persen siswa yang berhasil mencapai tujuan pembelajaran?
   - Kesulitan apakah yang dialami oleh siswa yang belum mencapai tujuan pembelajaran?
   - Apa yang akan saya lakukan untuk membantu mereka?
2. Bagi Siswa
   - Apa yang kalian dapatkan dari materi pembelajaran hari ini?
   - Bagaimana perasaan kalian setelah mengalami pembelajaran hari ini?
   - Apa yang menjadi kendala pada pembelajaran materi hari ini?
   - Silakan kalian melakukan analisis kelebihan dan kekurangan kegiatan pembelajaran hari ini?
   - Apa yang kalian harapkan dari pembelajaran pada pertemuan berikutnya?

LAMPIRAN MATERI

BAB 1. PENGENALAN AUTODESK INVENTOR

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

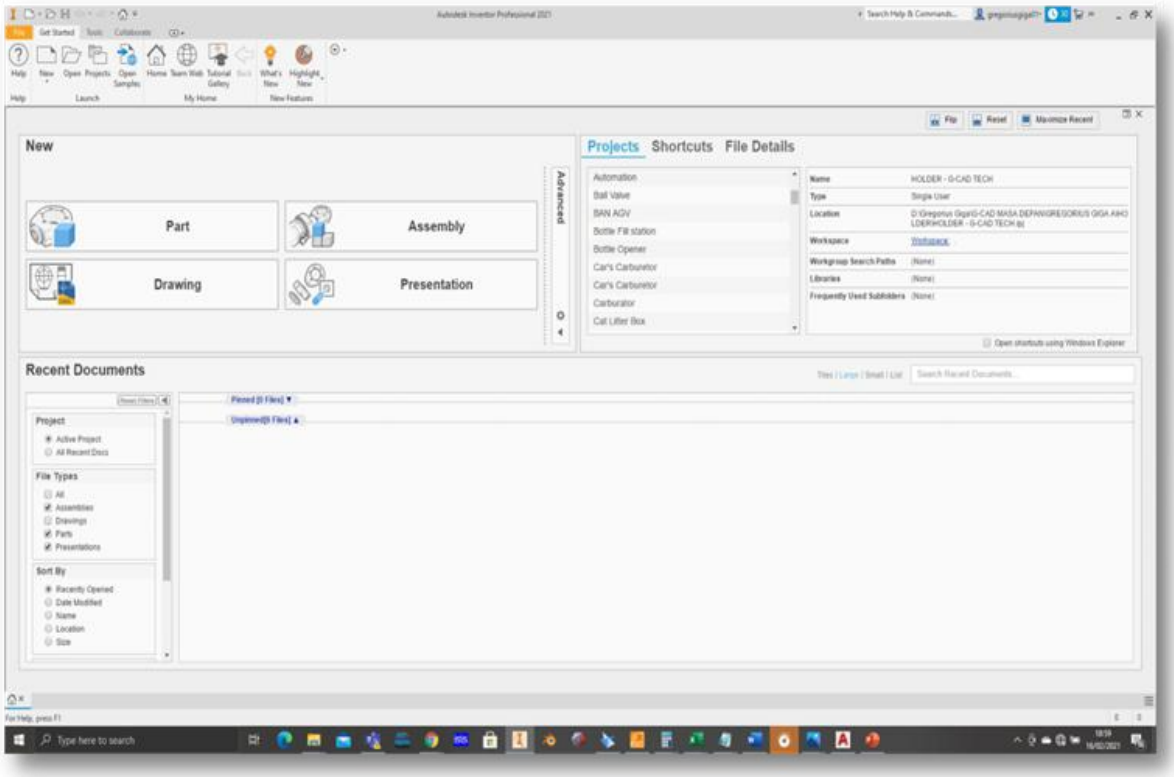
Fase / Kelas: F / XII

Alokasi Waktu : 5 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

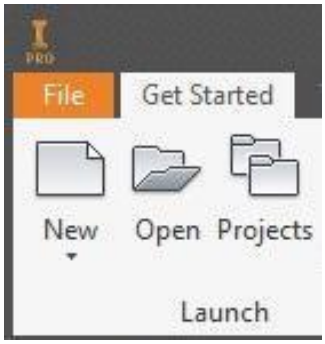
A. Interface Awal



Gambar 1.1. Interface Awal

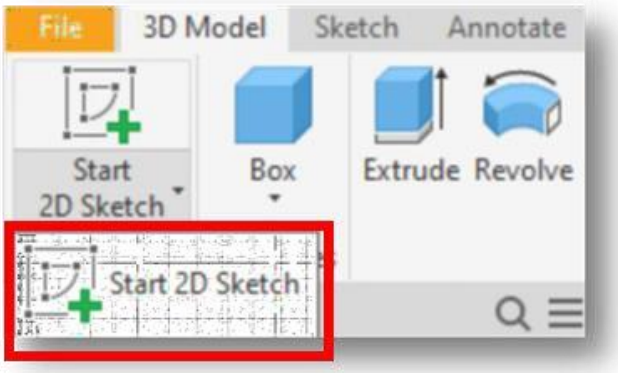
Autodesk Inventor Professional merupakan aplikasi CAD yang dikhususkan untuk mendesain gambar 3D untuk pemodelan mekanis, simulasi, visualisasi gambar, dan dokumentasi. Aplikasi satu ini memungkinkan integrasi data dalam bentuk 3D sebagai representasi virtual. Pengguna dapat menentukan bentuk, kesesuaian, dan fungsi sebelum membuat desainnya. Kemudian, Autodesk Inventor mencakup alat parametrik, pengeditan langsung, pemodelan bentuk padat, serta kemampuan menerjemahkan multi-CAD dalam gambar komputer standar DWG, sehingga dapat menggambar desain geometris

B. Pembuatan File Baru



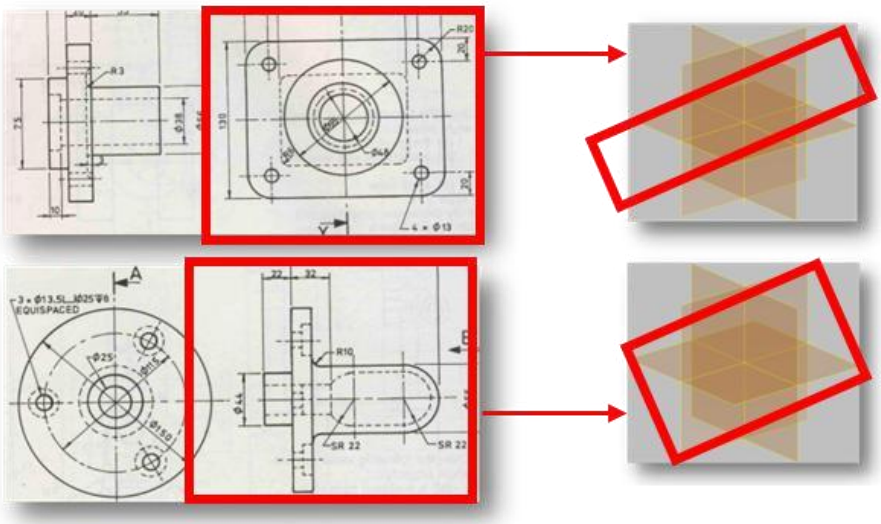
Gambar 1.2. Tampilan Pembuatan File Baru

Klik "New" atau "CTRL+N" Pada Keyboard maka akan muncul tampilan seperti diatas.



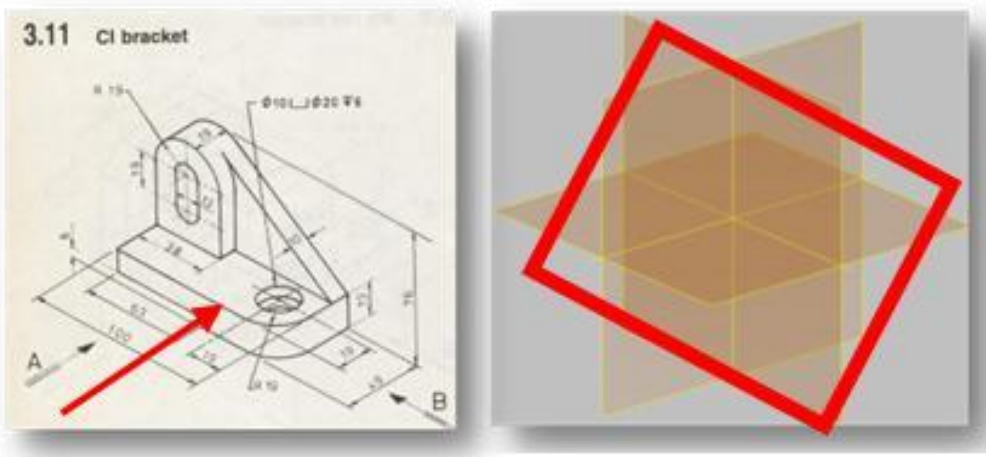
1. Klik Start 2D Sketch
   Start 2D Sketch merupakan tools yang digunakan untuk memulai pembuatan Sketsa 2D.
2. Pilih Plane yang digunakan sebagai tempat membuat sketsa. Plane yang dipilih harus disesuaikan dengan bagian dari benda kerja mana yang hendak dibuat.

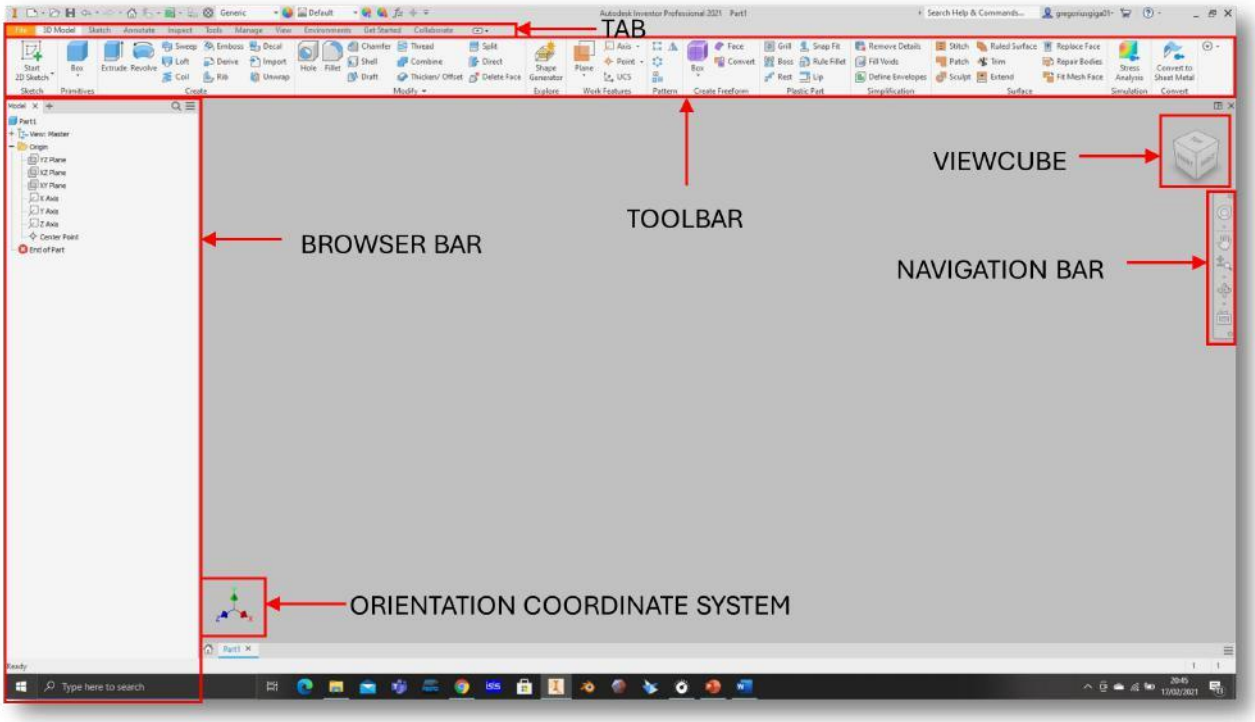
Perhatikan gambar dibawah !



 # NOTES

Menerapkan pemilihan Plane yang tepat sangat membantu untuk proses berikutnya, sehingga perlu diterapkan dengan baik di setiap pembuatan Part





Gambar 1.3. Tampilan Bar, Toolbar dan Browser Bar

C. Jenis-Jenis Template Autodesk Inventor

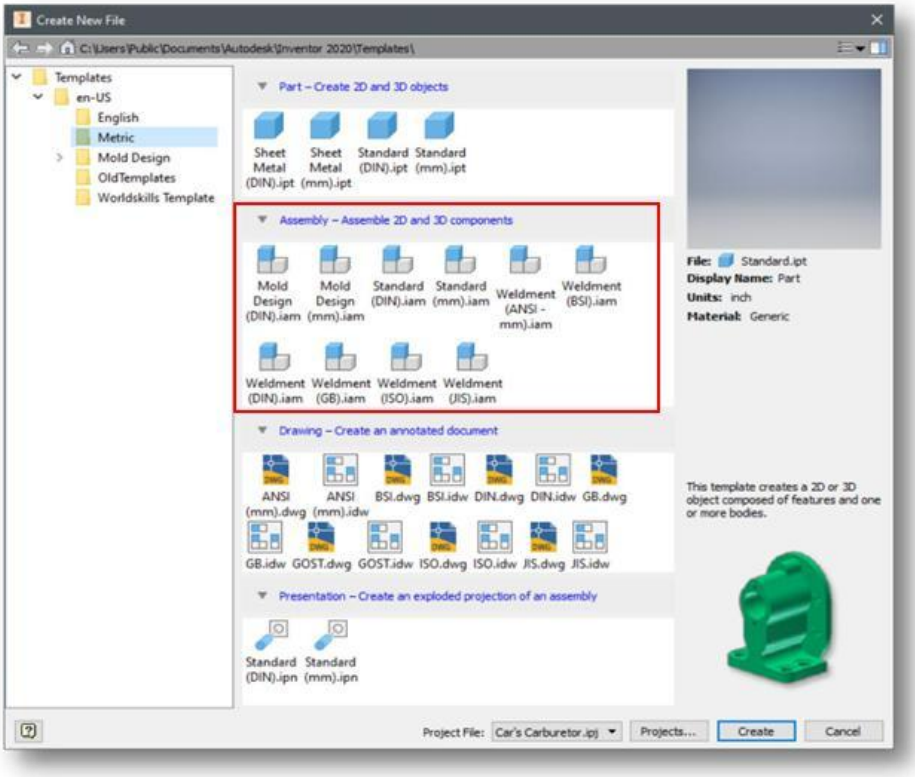
1. Part – Create 2D and 3D Object (.ipt)

Berfungsi untuk membuat sebuah komponen baru. Dalam Software ini, 1 template part (.ipt) umumnya hanya digunakan untuk membuat 1 buah komponen/part, jika hendak membuat komponen baru atau komponen lain, kita harus membuat file baru pula. Selain membuat komponen, pada bagian ini juga dapat di gunakan untuk mel akukan Analisis atau Inspeksi terhadap komponen/part yang telah kita buat serta melakukan rendering untuk menghasilkan sebuah gambar atau animasi yang realistis.

A. Sheet Metal.ipt, Sheet Metal part berfungsi untuk membuat komponen yang berupa lembaran logam yang kemudian di proses untuk mendapatkan bentuk yang diha rapkan seperti Flange, Hem, Punch Dan lain sebagainya.

B. Standard.ipt, Standard part berfungsi untuk membuat berbagai 2D atau 3D Object selain Sheet Metal, karena dalam Standard.ipt ini tidak terdapat feature atau tools untuk melakukan proses proses yang biasanya terdapat pada Sheet Metal atau lembaran logam.

2. Assembly – Assemble 2D and 3D Components (.iam)



Gambar 1.4. Tampilan Menu Assembly

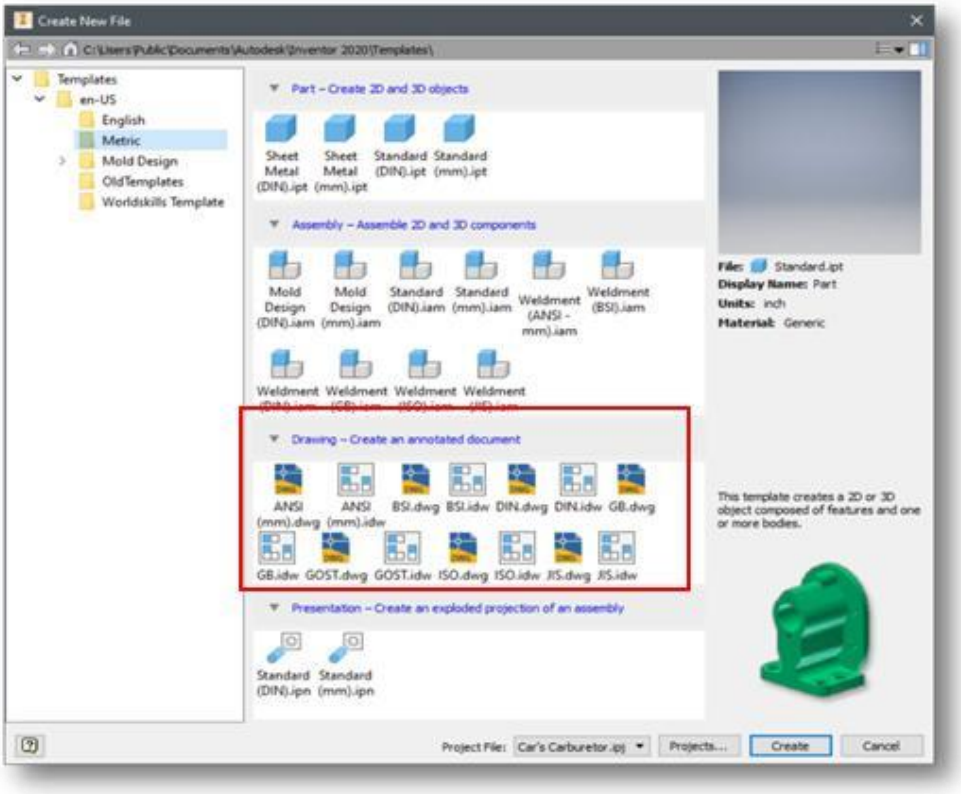
File Assembly berfungsi untuk merakit komponen/part yang tel ah kita buat menggunakan Standard atau Sheet Metal Part (.ipt) menjadi sebuah unit/assembly

A. Mold Design.iam, memiliki fungsi untuk membuat suatu design unit dari sebuah Mold dengan cepat, efektif dan efisien dengan memanfaatkan berbagai feature/ tools yang terdapat pada template ini.

B. Standard.iam, berfungsi untuk merakit komponen komponen yang telah kita buat menjadi sebuah unit/assembly yang utuh. Selain untuk membuat rakitan sebuah unit/assembly, template assembly juga dapat digunakan untuk membuat design rangka/frame, Gear, Compression Spring, Key, dan lain sebagainya secara otomatis dengan menginput beberapa data yang di but uhkan. Template ini juga dapat mel akukan berbagai analisis, dan rendering untuk menghasilkan gambar atau animasi yang realistis. **Weldment.iam**, memiliki fungsi

yang sama seperti Standard.iam tetapi template ini diberikan fungsi khusus yaitu untuk memberikan feature sambungan pengelasan atau fabrikasi dalam sebuah unit/assembly yang kita rakit

3. Drawing – Create an Annotated Document



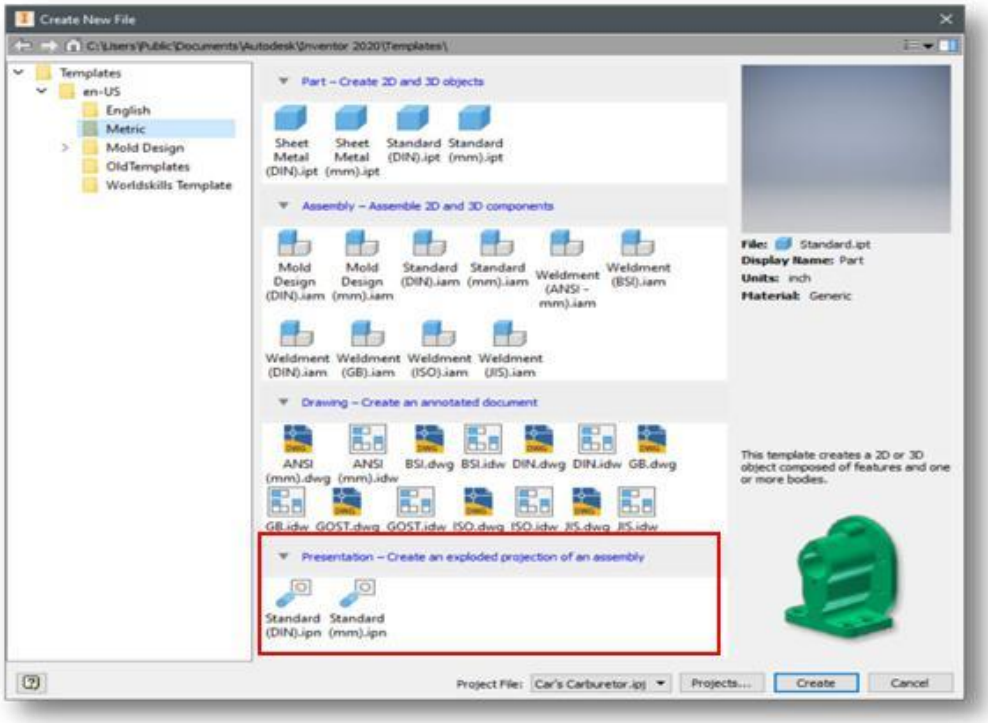
Gambar 1.5. Tampilan Menu Drawing

File Drawing berfungsi membuat gambar kerja atau yang sering kita kenal sebagai Engineering Drawing.

Dalam file drawing terdapat Tools untuk memberikan beberapa symbol yang ada pada gambar teknik.

1) Drawing.idw, idw merupakan format Drawing untuk software Autodesk Inventor
2) Drawing.dwg, dwg merupakan format Drawing yang biasanya merupakan keluaran dari Software AutoCAD, sehingga file dwg dapat di buka pada Software AutoCAD, lain halnya dengan file idw yang tidak dapat dibuka pada software AutoCAD.

4. Presentation – Create an Exploded Projection of an Assembly



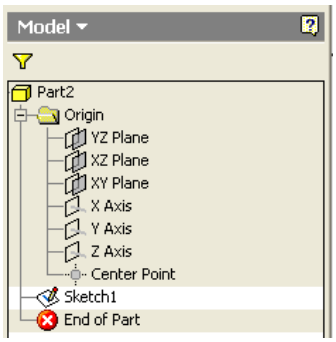
Gambar 1.6. Tampilan Menu Presentation

File Presentation berfungsi untuk membuat suatu model bongkaran dari sebuah assembly. Selain model bongkar an,pada file Exploded juga dapat digunakan untuk membuat animasi proses bongkar pasang suatu unit/assembly.

D. 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 Par*t merupakan pembatas dari proses atau anggota yang didaftarkan pada *Browser Bar*. Apabila kita memindah *Sketc*h atau fitur ke bawah *End of Part*, maka *Sketch* atau fitur tersebut akan tidak aktif dan dianggap tidak ada.

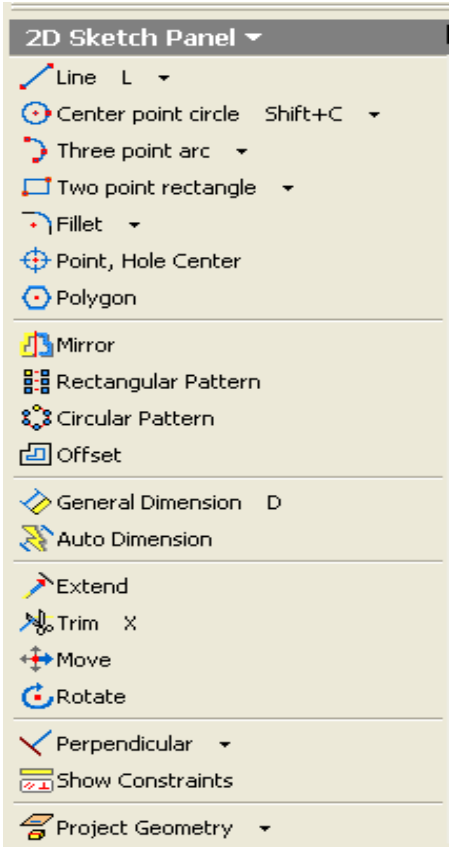


Gambar 1.7. Tampilan Browser Bar

E. 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*.



Gambar 1.8. Tampilan Sketch Panel Bar

1. Kelompok Command Draw

Line: Berfungsi untuk membuat garis lurus. *Command* ini dapat diganti dengan dropdown menjadi perintah *Spline* (kurva).

Circle: Berfungsi untuk membuat lingkaran. Terdapat pilihan *Center Point Circle* untuk membuat lingkaran dengan menentukan pusat dan radiusnya; *Tangent Circle* untuk membuat lingkaran yang menyinggung tiga buah garis; dan *Ellips*e untuk membuat bentuk elips dengan menentukan titik pusat dan sumbunya.

Rectangle: Berfungsi untuk membuat bentuk persegi. Terdapat pilihan *Two Point Rectangle* untuk membuat persegi panjang dengan menentukan dua titik pada diagonalnya; dan *Three Point R*ectangle untuk membuat persegi dengan menentukan tiga titik pada sudut-sudutnya.

Fillet: Berfungsi untuk memberikan *Radius* (*Fillet*) atau *Chamfer* pada sudut suatu bentuk geometri

Point, Hole Center: Berfungsi untuk menggambar titik atau menentukan titik referensi pembuatan lubang.

Polygon: Berfungsi untuk membuat segibanyak, dengan pilihan *Inscribed* (menyinggung lingkaran di dalam) dan *Subscribed* (menyinggung lingkaran di luar).

2. Kelompok Command Modifikasi

Mirror : Digunakan untuk membuat bentuk geometri yang dicerminkan dari bentuk yang dipilih dengan menentukan garis pencerminan.

Rectangular Pattern: Digunakan untuk membuat pola persegi dengan duplikasi dalam sejumlah baris dan kolom. Perlu ditentukan juga jarak antar baris dan kolom berikut arah duplikasinya.

***Circular Pattern*:** Digunakan untuk membuat pola melingkar dari suatu obyek dengan menentukan sumbu pusat perputaran, jumlah duplikasi dan sudut yang melingkupi.

Offset: Untuk membuat bentuk geometri yang sebangun dengan bentuk obyek yang dipilih dengan menentukan jarak tertentu dari obyek aslinya.

3. Kelompok Command Transformasi

Extend: Digunakan untuk memperpanjang suatu garis atau kurva sampai titik perpotongan terdekat dengan kurva yang lain.

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.

Trim: Digunakan untuk memotong garis atau kurva di dalam ruas yang berpotongan dengan garis atau kurva lain.

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.

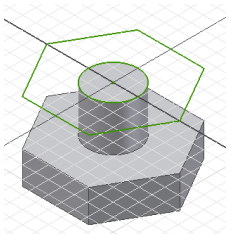
4. Kelompok Command Anotasi

General Dimension: Digunakan untuk memberikan ukuran secara umum dan manual.

Auto Dimension: Digunakan untuk menentukan ukuran secara otomatis dengan hanya memilih bentuk geometri yang akan diberikan ukuran.

5. Project Geometry

Tool ini berguna untuk memproyeksikan suatu bentuk geometri yang sudah ada ke atas bidang Sketch. Bentuk yang diproyeksikan dapat berupa bidang, sumbu atau titik pusat Origin, atau proyeksi elemen dari bentuk part. Geometri yang diproyeksikan menjadi referensi dalam pembuatan sketch dan bersifat asosiatif, artinya apabila bentuk geometris asli yang diproyeksikan berubah, maka hasil proyeksi akan menyesuaikan dengan perubahan bentuk geometri aslinya. Dengan dropdown dapat dipilih pula tool Project Cut Edges, yang akan langsung menggambarkan bentuk geometrik hasil perpotongan apabila ada bagian part atau bentuk geometrik lain yang memotong bidang Sketch. Bedanya disini, geometri hasil Project Cut Edges tidak bersifat asosiatif dan tidak akan terupdate lagi ketika bentuk geometri aslinya berubah.



Gambar 1.9. Proyeksi Geometri yang Sudah Ada ke Atas Bidang *Sketch*

6. Batasan Geometris

Constraints secara otomatis akan diaplikasikan begitu anda membuat sketch. Simbol Batasan pada kursor menunjukkan tipe dari batasan tersebut. Constraints mencegah perubahan yang tidak diinginkan ketika ukurannya diubah atau referensi dari bentuk geometri dihilangkan. Dalam Inventor dikenal apa yang dinamakan Derajat Kebebasan (Degree of Freedom). Derajat Kebebasan ini menunjukkan sejauh mana sebuat Object Sketch dapat berubah bentuk dan ukurannya. Constraint digunakan untuk membatasi derajat kebebasan tersebut. Sebagai contoh, sebuah lingkaran mempunyai dua derajat kebebasan, letak titik pusat an radiusnya. Jika titik pusat dan radiusnya sudah ditentukan, maka dikatakan lingkaran tersebut dibatasi sepenuhnya.

Constraints	Potential Sketch Elements	Constraints Condition Created
Perpendicular	Line	Merupakan batasan geometrik tegak lurus
Parallel	Line	Batasan geometrik garis yang menghasilkan kesejajaran
Tangent	Line, Circle, Arc	Batasan geometrik yang menyinggung lingkaran atau busur pada titik singgungnya
Coincident	Line, Point, Endpoint of Line, Center point	Batasan geometrik yang menghasilkan titik-titik yang berimpit pada satu titik
Concentric	Circle, Arc	Batasan geometrik berupa titik pusat lingkaran yang teletak pada satu titik
Colinear	Lines, Ellipse Axes	Batasan Geometrik yang menghasilkan elemen-elemen menjadi segaris
Horizontal	Lines, Ellipse Axes	Batasan geometrik dengan level yang sama secara horizontal (mengacu sumbu X)
Vertical	Lines, Ellipse Axes	Batasan geometrik dengan level yang sama secara vertikal (mengacu sumbu Y)
= Equal	Lines, Ellipse Axes	Menghasilkan bentuk yang sama ukurannya
Fix	Lines, Circles, Arcs, Points	Mengunci suatu elemen menjadi terbatas penuh
Symmetric	Lines, Circles, Arcs	Memberikan batasan geometrik yang sama kanan-kiri menurut suatu garis simetris

Tabel 1.1. Constrain dan Penggunaannya

MODUL AJAR 2

TEKNIK PEMESINAN

ELEMEN GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR

(Menggambar Sketch 2D dan 3D Menggunakan Autodesk Inventor)

FASE F

KELAS XII SEMESTER GANJIL

KONTEN

Interface & Menu Sketch 2D

A. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	:	Ade Ferdiansyah, S.ST., M.Pd
NIP	:	198107102025211029
Pangkat/Gol. Ruang	:	IX
Jabatan	:	Guru
Unit Kerja	:	SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang
Bidang Keahlian	:	Teknik Manufaktur dan Rekayasa
Program Keahlian	:	Teknik Pemesinan
Tahun Pelajaran	:	2026/2027
Mata Pelajaran	:	Teknik Pemesinan
Konten	:	Fungsi Menu Sketch 2D
Fase/Kelas/Semester	:	F/XII/5
Alokasi Waktu	:	5 x 45 Menit

B. INFORMASI UMUM

Kompetensi Awal :

- Siswa telah memahami dasar-dasar pengoperasian komputer dan mengenal antarmuka (interface) perangkat lunak CAD (Computer-Aided Design), serta memiliki pengetahuan awal tentang bentuk-bentuk dasar geometri dalam gambar teknik.

Profil Pelajar Pancasila :

- Bernalar Kritis; Siswa mampu memahami dan menganalisis fungsi masing-masing menu pada Sketch 2D, serta menggunakannya untuk membuat sketsa teknis yang tepat dan logis.
- Kreatif; Siswa menunjukkan kemampuan berpikir visual dan imajinatif dalam mengombinasikan tools pada Sketch 2D untuk menghasilkan bentuk geometri teknik yang inovatif.
- Mandiri; Siswa berlatih mengidentifikasi dan menghafal fungsi menu secara mandiri, serta membangun pemahaman tanpa harus langsung praktik, melainkan melalui pengamatan dan pencatatan yang sistematis.

Elemen : Gambar Teknik Manufaktur

Konten : Interface & Menu Sketch 2D

Capaian Pembelajaran	:	Pada akhir fase F, peserta didik mampu memahami aturan gambar dan tanda pengerjaan, penerapan alat ukur dasar dan presisi pada perancangan gambar, sistem koordinat gambar, perancangan gambar sederhana, perancangan gambar detail, perancangan gambar rakitan yang kompleks menggunakan aplikasi teknologi CAD (software) yang relevan.
Model Pembelajaran	:	Ekspositori
Pendekatan	:	Saintifik (menekankan proses berpikir logis dan sistematis melalui tahapan: mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, menalar/megasosiasi, dan mengomunikasikan)
Mode Pembelajaran	:	Pembelajaran tatap muka (Luring)
Metode Pembelajaran	:	Demonstrasi dan ceramah.
Bentuk Penilaian	:	Formatif dan Sumatif.
Sarana dan Prasarana	:	Kelas, Komputer, Proyektor.
Alat/Bahan	:	Alat tulis.
Media/Sumber Ajar	:	Media digital interaktif, video tutorial, buku panduan dan modul.
Target Peserta Didik	:	Peserta didik reguler/tipikal (tanpa ketunaan dan kesulitan belajar atau berpencapaian tinggi).

C. KOMPONEN INTI

1. Tujuan Pembelajaran

   Setelah kegiatan pembelajaran, peserta didik dapat:

   - Menyebutkan ikon-ikon menu pada Sketch 2D Autodesk Inventor.
   - Menjelaskan fungsi dari masing-masing menu/ikon dalam Sketch 2D.
   - Menghubungkan fungsi menu Sketch 2D dengan proses perancangan gambar teknik secara teoritis

2. Pemahaman Bermakna

   Dengan memahami fungsi menu Sketch 2D pada Autodesk Inventor, siswa mampu mengenali dan mengaplikasikan perintah-perintah dasar dalam menggambar sketsa teknik secara digital, sebagai langkah awal dalam proses perancangan komponen manufaktur yang akurat dan sesuai standar industri.

3. Pertanyaan Pemantik

Mindful Learning (sadar dan fokus saat belajar) :

" Menurut kalian, mengapa penting memahami setiap fungsi pada menu Sketch 2D secara teliti sebelum mulai menggambar komponen teknik?"

Joyful Learning (belajar dengan rasa senang dan antusias):

"Kalau kamu bisa membuat sketsa digital dengan cepat dan rapi hanya lewat klik dan drag di komputer, bagian mana dari proses itu yang menurutmu paling seru?"

Meaningful Learning (pembelajaran bermakna dan terhubung dengan kehidupan nyata);

"Bagaimana menu-menu Sketch 2D ini digunakan dalam dunia kerja nyata, seperti saat membuat desain komponen mesin atau cetakan di industri manufaktur?"

4. Persiapan Pembelajaran

Guru melakukan asesmen diagnostik untuk pemetaan dan merancang strategi pembelajaran pada peserta didik sebelum pembelajaran (asesmen diagnostik non kognitif dan asesmen diagnositk kognitif).

Jenis	Aspek Penilaian	Teknik	Instrumen
Asesmen Diagnostik	Diagnostik Non Kognitif (minat, kesiapan belajar dan gaya belajar)	Tes tulis (angket gaya belajar)	Rubrik
	Diagnostik Kognitif	Tes tulis	Rubrik
Asesmen Formatif	Sikap (afektif)	Observasi	Rubrik
	Asesmen Formatif (kognitif)	Tes tulis Studi Kasus	Rubrik
	Keterampilan (Psikomotor)	Kinerja	Rubrik

D. KEGIATAN PEMBELAJARAN

1. Pendahuluan (1 JP)

Fase 1. Persiapan

- Guru membuka kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam
- Perwakilan peserta didik memimpin doa.
- Guru mengecek kehadiran peserta didik dan menanyakan kabar peserta didik apabila ada yang tidak hadir.
- Guru membuka pembelajaran dengan pertanyaan reflektif yang mengundang siswa untuk merenung tentang pengalaman pribadi mereka terkait **Fungsi Menu Sketch 2D**. *"Jika bisa mendesain benda apa pun menggunakan menu Sketch 2D, benda apa yang paling ingin kamu buat? Gambarkan ide sketsamu dan sebutkan tools yang akan digunakan!"* (**Joyful Learning**)
- Guru mengajak murid untuk menyatakan perasaan mereka hari ini dan memastikan mereka siap belajar. **(PSE kesadaran diri)**
- Guru melakukan apersepsi dengan memberikan pertanyaan pemantik sebagai cara untuk mendapatkan penguatan kompetensi awal peserta didik. *"Saat menggunakan Dimension Tool, apa yang harus kamu perhatikan agar ukuran tidak bertabrakan dengan geometric constraints? Jelaskan langkah preventifmu!"* **(Mindful Learning)**
- Guru menyampaikan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, *"Hari ini kita akan mengenal fungsi dari menu Sketch 2D pada Autodesk Inventor agar kalian memahami bagian-bagian penting sebelum praktik*" (**KSE: Manajemen Diri**)
- Guru memutar video singkat/tampilan visual software untuk menarik minat siswa. (**Diferensiasi Konten**)

2. Kegiatan Inti (3 JP)

Fase 2. Mendesain Perencanaan Proyek

- Guru menjelaskan menu-menu dalam Sketch 2D seperti: Line, Circle, Arc, Rectangle, Trim, Fillet, Dimension, dsb.
- Guru menampilkan tangkapan layar (screenshot) atau slide yang memperlihatkan letak dan fungsi setiap menu.
- Guru memberikan penjelasan fungsi setiap ikon, kapan dan bagaimana menu tersebut biasa digunakan. (**Diferensiasi Konten**)

Fase 3. Menghubungkan (Korelasi)

- Guru mengaitkan dengan pengetahuan sebelumnya: "*Kalian tentu sudah tahu menggambar bentuk dasar seperti garis dan lingkaran, sekarang kita gunakan bentuk itu untuk desain teknis*."
- Guru menjelaskan manfaat Sketch 2D dalam membuat gambar teknik sebelum proses modeling 3D

Fase 4. Menyimpulkan.

- Guru menanyakan: "*Apa saja menu penting dalam Sketch 2D dan apa fungsinya*?"
- Guru memandu siswa menyebutkan menu Sketch 2D dan fungsinya secara berurutan. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)
- Siswa mencatat rangkuman dari papan atau slide

Fase 5. Penerapan

- Guru memberikan lembar kerja berisi gambar antarmuka Sketch 2D yang belum diberi label, lalu siswa diminta menuliskan nama dan fungsi dari masing-masing ikon. (**Diferensisi Proses**)
- Guru memberikan soal pilihan ganda atau isian singkat untuk menguji pemahaman. (**Budaya Positif: Kejujuran**)
- Guru memberikan umpan balik dan klarifikasi jika ada pemahaman yang kurang tepat.

3. Kegiatan Penutup (1 JP)
    - Guru dan siswa melakukan refleksi secara Bersama-sama terhadap kegiatan pembelajaran yang sudah dijalani. (**KSE: Manajemen Diri**)
    - Guru dan siswa membuat Kesimpulan dari materi yang sudah diterapkan. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)
    - Guru memberikan cakupan materi yang akan diajarkan pada pertemuan berikutnya.

E. ASESMEN

Bentuk Asesmen	Teknik Asesmen	Instrumen
Formatif	• Observasi Keterlibatan Siswa • Tanya jawab lisan • Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	• Daftar cek observasi atau catatan anekdot. • Catatan respon siswa. • LKPD yang telah dikoreksi dan dinilai.
Sumatif	• Tes tertulis (non-praktik) • Penilaian Refleksi Siswa	• Soal tes (kertas atau digital) • Bagian refleksi dalam LKPD

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran, peserta didik dapat:

- Menyebutkan ikon-ikon menu pada Sketch 2D Autodesk Inventor.
- Menjelaskan fungsi dari masing-masing menu/ikon dalam Sketch 2D.
- Menghubungkan fungsi menu Sketch 2D dengan proses perancangan gambar teknik secara teoritis.

Petunjuk Penggunaan LKPD

1. Simak penjelasan guru dengan seksama.
2. Perhatikan gambar antarmuka dan ikon Sketch 2D yang ditampilkan.
3. Isilah bagian yang kosong pada tabel dan gambar berdasarkan pemahaman.
4. Diskusikan dengan teman jika diperlukan.

Aktivitas 1: Mengenal Menu Sketch 2D

Perhatikan gambar berikut! Lengkapilah tabel di bawah ini berdasarkan informasi yang sudah disampaikan oleh guru!

No.	Nama Icon / Menu	Fungsi Menu / Icon Sketch 2D
1.	Line	
2.	Circle	
3.	Rectangle	
4.	Trim	
5.	Dimension	

Aktivitas 2: Uji Pemahaman

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar!

1. Apa fungsi dari menu Trim dalam Sketch 2D?
2. Mengapa fitur Dimension penting dalam menggambar 2D?

3. Sebutkan minimal 3 menu dalam Sketch 2D yang digunakan untuk membuat bentuk dasar!

Refleksi

Tuliskan satu hal baru yang kamu pelajari hari ini:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Penilaian

Kriteria	Skor Maksimal
Mengisi tabel ikon dan fungsi	50
Menjawab pertanyaan pemahaman	30
Refleksi dan kerapihan kerja	20
Total Skor	100

F. Refleksi

1. Bagi Guru

- Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah sesuai dengan apa yang saya rencanakan?
- Bagian rencana pembelajaran manakah yang sulit dilakukan?
- Apa yang dapat saya lakukan untuk mengatasi hal tersebut?
- Berapa persen siswa yang berhasil mencapai tujuan pembelajaran?
- Kesulitan apakah yang dialami oleh siswa yang belum mencapai tujuan pembelajaran?
- Apa yang akan saya lakukan untuk membantu mereka?

2. Bagi Siswa

- Apa yang kalian dapatkan dari materi pembelajaran hari ini?
- Bagaimana perasaan kalian setelah mengalami pembelajaran hari ini?
- Apa yang menjadi kendala pada pembelajaran materi hari ini?
- Silakankalian melakukan analisis kelebihan dan kekurangan kegiatan pembelajaran hari ini?
- Apa yang kalian harapkan dari pembelajaran pada pertemuan berikutnya?

LAMPIRAN MATERI

BAB II. INTERFACE DAN MENU SKETCH 2D

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

Fase / Kelas: F / XII

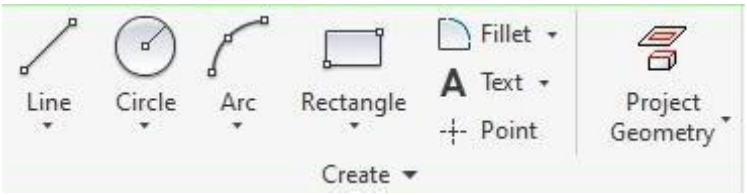
Alokasi Waktu : 5 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

A. Uraian Materi Fungsi Menu 2D

2D Sketch pada Autodesk Inventor hampir mirip saat kita menggambar 2D pada Autodesk Autocad. Oleh karena itu, seseorang yang telah menguasai Autodesk Autocad tidak akan kesulitan dalam mempelajarinya. Berikut alat-alat perintah Draw pada Sketch 2D.



Gambar 2.1 Tampilan Perintah Draw pada Sketch 2D

1. Line dan Spline ; Line berfungsi membuat garis lurus, sedangkan Spline untuk membuat garis kurva dengan titik point tertentu. Ada 2 jenis titik point untuk membuat Spline yaitu titik point control vertex dan titik point interpolation. Selain Spline terdapat juga Bridge Curve dan Equation Curve.

2. Circle : Fungsinya untuk membuat lingkaran. Di sini terdapat 3 cara dalam membuat lingkaran, yaitu Center Point Circle, Tangent Circle, dan Ellipse.

3. Arc : Fungsinya untuk membuat garis busur. Di sini terdapat tiga cara dalam membuat Arc, yaitu: Three Point Arc, Tangent Arc, dan Center Point Arc

4. Rectangle : Fungsinya untuk membuat kotak persegi panjang atau bujur sangkar Di sini terdapat 2 cara dalam membuat Rectangle, yaitu: Two Point Rectangle dan Three Point rectangle

5. Fillet dan Chamfer : Fillet berfungsi untuk membuat pertemuan antara 2 garis (line) atau busur (arc) menjadi cembung atau cekung.Kemudian, Chamfer berfungsi untuk membuat pertemuan antara 2 garis menjadi miring dengan spesifikasi tertentu

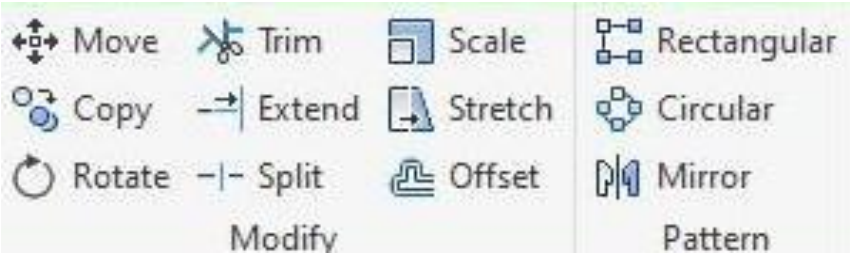
6. Point : Fungsinya untuk membuat titik lubang dan untuk sekedar membuat Point referensi pada Sketch

7. Polygon : Fungsinya untuk membuat bangun segi N beraturan

8. Text : Fungsinya untuk membuat Sketch berupa tulisan (Angka, huruf dan symbol)

9. Project Geometry : Project Geometry dapat pula disebut objek bantuan atau sebagai referensi dalam membuat sketch. Referensi bisa berupa Edges atau Face. Selain alat-alat Draw terdapat pula alat untuk membuat Patern tertentu dan memodifikasi Draw sebagai berikut.

Selain alat-alat Draw terdapatpula alat untuk membuat Pattern (Instruction Copy) tertentu dan memodifikasi gambar (Modify Draw) sebagai berikut;



1. **Perpendicular** ; Fungsinya untuk membuat 2 garis menjadi saling tegak lurus.
2. **Paralel** ; Fungsinya untuk membuat2 garis menjadi sejajar.
3. **Tangent** ; Fungsinya untuk membuat garis dan garis busur (Arc) menjadi bersinggungan.
4. **Coincident** ; Fungsinya untuk membuat 2 point bersinggungan.
5. **Concentric** ; Fungsinya untuk membuat 2 lingkaran atau Arc menjadi 1 titik pusat.
6. **Collinear** ; Fungsinya untuk membuat 2 garis menjadi saling berhimpit.
7. **Equal** ; Fungsinya untuk menyamakan ukuran objek.
8. **Horizontal** ; Fungsinya untuk membuat garis menjadi horizontal atau sejajar dengan sumbu X.
9. **Vertical** ; Fungsinya untuk membuat garis menjadivertikal atau sejajar dengan sumbu Y.
10. **Fix** ; Fungsinya untuk membuat objek dalam Sketch akan ter-constraint secara otomatis terhadap Coordinate System.
11. **Show Constraint** ; Fungsinya untuk menampilkan Constraint pada geometri yang kita pilih.
12. **General Dimension** ; Fungsinya untuk membuat ukuran pada Sketch. Ukuran akan mengendalikan dan mempermudah dalam mengubah bentuk Sketch.
13. **Auto Dimension** ; Fungsinya untuk membuat garis ukur secara otomatis.

14. **Coincident** ; Fungsinya untuk membuat 2 point bersinggungan.
15. **Concentric** ; Fungsinya untuk membuat 2 lingkaran atau Arc menjadi 1 titik pusat.
16. **Collinear** ; Fungsinya untuk membuat 2 garis menjadi saling berhimpit.
17. **Equal** ; Fungsinya untuk menyamakan ukuran objek.
18. **Horizontal** ; Fungsinya untuk membuat garis menjadi horizontal atau sejajar dengan sumbu X
19. **Vertical** : Fungsinya untuk membuat garis menjadi vertikal atau sejajar dengan sumbu Y
20. **Fix** ; Fungsinya untuk membuat objek dalam Sketch akan ter-constraint secara otomatis terhadap Coordinate System.
21. **Show Constraint** ; Fungsinya untuk menampilkan Constraint pada geometri yang kita pilih.
22. **General Dimension** ; Fungsinya untuk membuat ukuran pada Sketch. Ukuran akan mengendalikan dan mempermudah dalam mengubah bentuk Sketch
23. **Auto Dimension** ; Fungsinya untuk membuat garis ukur secara otomatis.

Ringkasan:

- Rectangle digunakan untuk membuat kotak persegi panjang maupun bujur sangkar. Line digunakan untuk membuat garis lurus.
- Circle digunakan untuk membuat lingkaran. Dalam membuat lingkaran ini ada dua metode yaitu Center Point (menentukan titik pusat lingkaran) dan Tangent (menentukan tiga referensi garis yang akan menyinggung lingkaran).
- Constraint digunakan untuk mengunci bentuk-bentuk yang telah dibuat pada posisi tertentu. Constraint terdiri dari: horizontal, vertical, parallel, perpendicular, coincident, tangent, concentric, equel, collinear, symmetric, dan fix.
- Genenal Dimension berfungsi untuk memberikan ukuran pada Sketch yang sedang dibuat.
- Jenis ukuran yang bisa diberikan antara lain seperti Linear, Aligned, Angluar, Diameter maupun Radius.
- Trim berfungsi untuk memotong bagian objek yang telah dibuat dengan batas objek lainnya.

MODUL AJAR 3

TEKNIK PEMESINAN

ELEMEN GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR

(Menggambar Sketch 2D dan 3D Menggunakan Autodesk Inventor)

FASE F

KELAS XII SEMESTER GANJIL

KONTEN

Setting Plane & Project Geometry

A. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	:	Ade Ferdiansyah, S.ST., M.Pd
NIP	:	198107102025211029
Pangkat/Gol. Ruang	:	IX
Jabatan	:	Guru
Unit Kerja	:	SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang
Bidang Keahlian	:	Teknik Manufaktur dan Rekayasa
Program Keahlian	:	Teknik Pemesinan
Tahun Pelajaran	:	2026/2027
Mata Pelajaran	:	Teknik Pemesinan
Konten	:	Fungsi Menu Sketch 2D
Fase/Kelas/Semester	:	F/XII/5
Alokasi Waktu	:	5 x 45 Menit

B. INFORMASI UMUM

Kompetensi Awal :

- Siswa telah mengenal antarmuka (interface) dasar Autodesk Inventor.
- Siswa telah memahami cara membuat sketsa 2D sederhana.
- Siswa mengetahui fungsi dasar menu Sketch (misalnya: Line, Rectangle, Circle).
- Siswa dapat mengoperasikan perangkat komputer dan software desain berbasis CAD dasar.

Profil Pelajar Pancasila :

- Bernalar Kritis:
    - Siswa menganalisis kapan dan mengapa perlu membuat work plane baru dalam proses perancangan.
    - Siswa membandingkan beberapa cara dalam memproyeksikan geometri untuk menghasilkan sketsa yang tepat.
- Kreatif
    - Siswa mengembangkan ide pemecahan masalah desain teknik dengan

memanfaatkan berbagai fitur Autodesk Inventor secara efisien.

- Siswa mencoba berbagai cara dalam memodifikasi bidang gambar untuk menyelesaikan tugas desain.

- Bergotong Royong
  - Siswa bekerja sama dalam kelompok kecil untuk mengeksplorasi dan menyelesaikan latihan pembuatan work plane dan project geometry.
  - Siswa saling memberikan umpan balik dan dukungan teknis saat mengalami kesulitan.

Elemen : Gambar Teknik Manufaktur
Konten : Setting Plane

Capaian Pembelajaran : Pada akhir fase F, peserta didik mampu memahami aturan gambar dan tanda pengerjaan, penerapan alat ukur dasar dan presisi pada perancangan gambar, sistem koordinat gambar, perancangan gambar sederhana, perancangan gambar detail, perancangan gambar rakitan yang kompleks menggunakan aplikasi teknologi CAD (software) yang relevan.

Model Pembelajaran : Discovery Learning
Pendekatan : Saintifik (menekankan proses berpikir logis dan sistematis melalui tahapan mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, menalar/megasosiasi, dan mengomunikasikan)
Mode Pembelajaran : Pembelajaran tatap muka (Luring)
Metode Pembelajaran : Demonstrasi, Simulasi, diskusi dan tanya jawab.
Bentuk Penilaian : Formatif dan Sumatif.
Sarana dan Prasarana : Kelas, Komputer, Proyektor.
Alat/Bahan : Alat tulis.
Media/Sumber Ajar :Media digital interaktif, video tutorial, buku panduan dan modul.
Target Peserta Didik : Peserta didik reguler/tipikal (tanpa ketunaan dan kesulitan belajar atau berpencapaian tinggi).

C. KOMPONEN INTI

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran ini, siswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan fungsi work plane dan project geometry.
- Membuat bidang bantu (work plane) sesuai kebutuhan desain.
- Memproyeksikan geometri ke bidang kerja dalam sketsa 2D.
- Menyimpulkan manfaat penggunaan fitur tersebut dalam menggambar teknik.
- Menunjukkan sikap teliti, kritis, dan bertanggung jawab selama proses eksplorasi dan praktik menggunakan Autodesk Inventor.

2. Pemahaman Bermakna

"Dengan memahami cara membuat bidang kerja (work plane) dan memproyeksikan geometri ke dalam sketsa 2D, siswa dapat menyusun desain teknik yang lebih presisi, sistematis, dan sesuai standar industri manufaktur menggunakan Autodesk Inventor.".

3. Pertanyaan Pemantik

Mindful Learning (sadar dan fokus saat belajar) :

“Mengapa kita perlu membuat bidang kerja (work plane) tambahan dalam menggambar desain teknik yang kompleks?”

“Apa yang terjadi jika kita tidak menggunakan project geometry saat menggambar sketsa 2D?”

Joyful Learning (belajar dengan rasa senang dan antusias):

“Kalau kamu bisa membuat desain 3D seperti komponen motor atau alat bengkel hanya dari sebuah garis, menurutmu seru atau sulit? Kenapa?”

“Jika kamu diberi proyek untuk mendesain alat bantu kerja sendiri, bagian mana dari Autodesk Inventor yang paling ingin kamu eksplorasi?”

Meaningful Learning (pembelajaran bermakna dan terhubung dengan kehidupan nyata);

“Pernahkah kalian melihat atau memegang benda teknik (seperti dudukan mesin atau komponen)? Menurut kalian, bagaimana desain awalnya dibuat dengan presisi?”

“Bagaimana penggunaan work plane dan project geometry membantu teknisi profesional dalam industri pemesinan?”

4. Persiapan Pembelajaran

Guru melakukan asesmen diagnostik untuk pemetaan dan merancang strategi pembelajaran pada peserta didik sebelum pembelajaran (asesmen diagnostik non kognitif dan asesmen

diagnositk kognitif).

Jenis	Aspek Penilaian	Teknik	Instrumen
Asesmen Diagnostik	Diagnostik Non Kognitif (minat, kesiapan belajar dan gaya belajar)	Tes tulis (angket gaya belajar)	Rubrik
	Diagnostik Kognitif	Tes tulis	Rubrik
Asesmen Formatif	Sikap (afektif)	Observasi	Rubrik
	Asesmen Formatif (kognitif)	Tes tulis Studi Kasus	Rubrik
	Keterampilan (Psikomotor)	Kinerja	Rubrik

D, KEGIATAN PEMBELAJARAN

1. Pendahuluan (1 JP)

- Guru membuka kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam
- Perwakilan peserta didik memimpin doa. (**KSE: Kesadaran diri**)
- Guru mengecek kehadiran peserta didik dan menanyakan kabar peserta didik apabila ada yang tidak hadir. (**Manajemen Diri**)

a. Fase Stimulasi.

- Guru menampilkan contoh gambar teknik kompleks (misalnya komponen 3D) yang membutuhkan bidang bantu. (**Diferensiasi Konten**)
- Guru memberikan pertanyaan pemantik seperti: “Bagaimana kita bisa menggambar bidang miring atau bidang bantu jika hanya ada bidang datar utama (XY, YZ, XZ)?” (**Mindfull Learning**) (**Budaya Positif: Berfikir Kritis**)

2. Kegiatan Inti (3 JP)

b. Fase Identifikasi Masalah

- Siswa diajak untuk mengidentifikasi tantangan dalam membuat sketsa pada posisi yang tidak standar. Misalnya: “Mengapa perlu membuat work plane

tambahan?" (**Mindfull Learning**) (**Budaya Positif: Berfikir Kritis**)

c. Fase Pengumpulan Informasi.

- Siswa mengeksplorasi fitur Work Plane dan Project Geometry pada Autodesk Inventor melalui tutorial, simulasi, atau LKPD. (**Diferensiasi Proses**)

d. Fase Pengolahan Data

- Siswa mencoba membuat beberapa jenis work plane dan memproyeksikan objek geometri ke dalam sketsa 2D. (**KSE: Manajemen Diri**) (**Diferensiasi Proses**)
- Siswa mencatat perbedaan hasil dan fungsinya. (**KSE: Kesadaran Diri**)

e. Fase Pembuktian / Analisis

- Siswa membandingkan desain yang dibuat dengan dan tanpa work plane. Guru membimbing diskusi reflektif untuk menarik kesimpulan. (**KSE: Manajemen Diri**)

f. Fase Penarikan Simpulan

- Siswa menyimpulkan bahwa fitur work plane dan project geometry penting untuk meningkatkan fleksibilitas dan akurasi dalam desain teknik. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)

3. Kegiatan Penutup (1 JP)

- Guru dan siswa melakukan refleksi secara Bersama-sama terhadap kegiatan pembelajaran yang sudah dijalani. (**KSE: Manajemen Diri**)
- Guru dan siswa membuat Kesimpulan dari materi yang sudah diterapkan. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)
- Guru memberikan cakupan materi yang akan diajarkan pada pertemuan berikutnya.

E. ASESMEN

Bentuk Asesmen	Teknik Asesmen	Instrumen
Formatif	• Observasi Keterlibatan Siswa	• Daftar cek observasi atau catatan anekdot. • Catatan respon siswa.

	• Tanya jawab lisan • Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	• LKPD yang telah dikoreksi dan dinilai.
Sumatif	• Tes tertulis (non-praktik) • Penilaian Refleksi Siswa	• Soal tes (kertas atau digital) • Bagian refleksi dalam LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

A. Judul LKPD

Eksplorasi Work Plane dan Project Geometry di Autodesk Inventor

B. Tujuan Pembelajaran

Melalui kegiatan ini, peserta didik diharapkan mampu:

- Menjelaskan fungsi work plane dan project geometry.
- Membuat bidang bantu (work plane) sesuai kebutuhan desain.
- Memproyeksikan geometri ke bidang kerja dalam sketsa 2D.
- Menyimpulkan manfaat penggunaan fitur tersebut dalam menggambar teknik.

C. Pertanyaan Pemantik

1. Apa yang akan terjadi jika komponen teknik yang kompleks hanya digambar di bidang datar XY saja?
2. Bagaimana cara menggambar bidang miring atau berada di sudut tertentu dalam 3D design?
3. Mengapa fitur project geometry dibutuhkan saat membuat sketsa 2D dari objek 3D?

D. Langkah Kerja (Berbasis Discovery Learning)

1. Stimulasi & Identifikasi Masalah

Amati gambar di bawah ini yang menunjukkan sebuah dudukan komponen mesin yang memiliki lubang miring dan bidang potong.

Tugas: Tuliskan 2 pertanyaan atau kesulitan yang mungkin dihadapi saat membuat sketsa dudukan ini di Autodesk Inventor.

.....

.....

2. Eksplorasi dan Pengumpulan Informasi.

Buka Autodesk Inventor dan ikuti langkah-langkah berikut!

a. Buka dokumen baru (Part)

b. Akses menu Plane > Offset from Plane

c. Buat work plane dengan offset 30 mm dari XY Plane

d. Aktifkan Sketch pada work plane tersebut

e. Gunakan Project Geometry untuk mengambil bagian tepi dari objek yang sudah ada

Tugas:

1. Apa fungsi dari fitur Offset Plane?
2. Apa yang terjadi ketika Anda menggunakan Project Geometry?

.....

.....

3. Pemrosesan & Verifikasi

Bandingkan hasil sketsa 2D Anda dengan hasil teman Anda.

1. Apakah sketsa Anda berada di posisi dan sudut yang tepat?
2. Apa perbedaan jika kita tidak menggunakan Work Plane?

.....

.....

4. Menarik Simpulan (Generalisasi)

Tuliskan kesimpulan Anda mengenai manfaat membuat work plane dan menggunakan project geometry dalam proses menggambar teknik.

.....

.....

E. Refleksi Diri

Saya merasa terbantu dengan fitur Work Plane dan Project Geometry. ✅ Ya / ❌ Tidak

Saya masih bingung pada bagian .....

Hal paling menarik dalam latihan ini adalah .....

F. Penilaian Kinerja (diisi guru)

Aspek yang Dinilai	Skor 1–4
Kemampuan membuat work plane	
Penggunaan project geometry	
Kerapian dan presisi hasil sketsa	
Partisipasi dalam diskusi	
Menyimpulkan dan refleksi belajar	

LAMPIRAN MATERI

BAB III. SETTING PLANE & PROJECT GEOMETRY

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

Fase / Kelas: F / XII

Alokasi Waktu : 5 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

A. Membuat Workplanes / Bidang Gambar Kerja.

1. Pengertian Work Plane

   Work Plane adalah bidang bantu yang digunakan sebagai referensi gambar ketika bidang default (XY, YZ, XZ) tidak mencukupi kebutuhan desain.

2. Fungsi Work Plane:

   - Membuat sketsa pada posisi/sudut tertentu.
   - Membantu pembuatan fitur miring, sejajar, tegak lurus, atau offset dari bidang utama.
   - Penting dalam desain komponen teknik kompleks (misalnya: lubang miring, slot potong, chamfer miring, dll.)

3. Jenis-jenis Work Plane:

   - Offset from Plane – Membuat bidang sejajar dengan jarak tertentu dari bidang dasar.
   - Midplane Between Two Faces/Planes – Bidang di tengah antara dua permukaan.
   - Angle to Plane Around Edge – Bidang miring pada sudut tertentu terhadap sisi referensi.
   - Tangent to Surface and Parallel to Plane – Membuat bidang di permukaan silinder atau melengkung.

4. Cara Membuat Work Plane

   Langkah-langkah:

   - Buka Part baru di Autodesk Inventor.
   - Klik Plane pada tab 3D Model.

- Pilih jenis Work Plane sesuai kebutuhan (misalnya: Offset from XY Plane).
- Tentukan jarak offset atau referensi tambahan.
- Work Plane siap digunakan sebagai bidang sketsa.

B. Memproyeksikan Geometry ke Dalam Sketsa 2D

Project Geometry digunakan untuk "mengambil ulang" atau "meminjam" bentuk/tepi/garis dari fitur atau objek 3D yang sudah ada ke dalam sketsa 2D yang aktif.

1. Fungsi:
   - Memudahkan pembuatan sketsa tambahan yang presisi.
   - Menjaga hubungan geometris antar fitur tetap konsisten.
2. Langkah-langkah:
   - Klik Start 2D Sketch di Work Plane.
   - Klik Project Geometry dari tab Sketch.
   - Klik pada bagian objek/fitur yang ingin diproyeksikan.
   - Garis proyeksi akan muncul dan bisa digunakan untuk pembuatan sketsa.
3. Contoh Penerapan di Dunia Industri

   Dalam industri pemesinan, seorang drafter perlu menggambar dudukan bearing dengan lubang miring pada permukaan miring. Untuk itu, ia membuat Work Plane pada sudut tertentu dan menggunakan Project Geometry untuk mengambil posisi poros yang tepat, agar proses pemesinan dapat dilakukan dengan presisi.

MODUL AJAR 4

TEKNIK PEMESINAN

ELEMEN GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR

(Menggambar Sketch 2D dan 3D Menggunakan Autodesk Inventor)

FASE F

KELAS XII SEMESTER GANJIL

KONTEN

2D SKETCH & GEOMETRIC CONSTRAINT

A. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	:	Ade Ferdiansyah, S.ST., M.Pd
NIP	:	198107102025211029
Pangkat/Gol. Ruang	:	IX
Jabatan	:	Guru
Unit Kerja	:	SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang
Bidang Keahlian	:	Teknik Manufaktur dan Rekayasa
Program Keahlian	:	Teknik Pemesinan
Tahun Pelajaran	:	2026/2027
Mata Pelajaran	:	Teknik Pemesinan
Konten	:	2d Sketch
Fase/Kelas/Semester	:	F/XII/5
Alokasi Waktu	:	10 x 45 Menit

B. INFORMASI UMUM

Kompetensi Awal :

- Memahami konsep dasar gambar teknik 2D, seperti garis, bentuk geometri, dan proyeksi ortogonal.
- Memiliki pengalaman dasar dalam mengoperasikan komputer dan aplikasi CAD sederhana.
- Mampu mengenali antarmuka Autodesk Inventor secara umum.
- Memahami fungsi dasar perangkat input (mouse, keyboard) dalam menggambar teknik.

Profil Pelajar Pancasila :

- Bernalar Kritis:
    - Menganalisis bentuk dan ukuran objek teknik secara logis.
    - Mengambil keputusan dalam memilih tools yang tepat untuk membuat garis, lingkaran, atau slot.
- Kreatif
    - Menggunakan fitur sketch secara inovatif untuk menggambar berbagai bentuk desain teknik.

- Menciptakan solusi baru dalam menggambar geometri kompleks..

- Mandiri
  - Belajar mengeksplorasi menu-menu sketch tanpa bergantung penuh pada instruksi guru.
  - Bertanggung jawab terhadap hasil kerja CAD yang presisi dan terstruktur..

Elemen : Gambar Teknik Manufaktur
Konten : 2D Sketch & Geometric Constraint

Capaian Pembelajaran : Pada akhir fase F, peserta didik mampu memahami aturan gambar dan tanda pengerjaan, penerapan alat ukur dasar dan presisi pada perancangan gambar, sistem koordinat gambar, perancangan gambar sederhana, perancangan gambar detail, perancangan gambar rakitan yang kompleks menggunakan aplikasi teknologi CAD (software) yang relevan.

Model Pembelajaran : Discovery Learning
Pendekatan : Saintifik (menekankan proses berpikir logis dan sistematis melalui tahapan mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, menalar/megasosiasi, dan mengomunikasikan)
Mode Pembelajaran : Pembelajaran tatap muka (Luring)
Metode Pembelajaran : Demonstrasi, Simulasi, diskusi dan tanya jawab.
Bentuk Penilaian : Formatif dan Sumatif.
Sarana dan Prasarana : Kelas, Komputer, Proyektor.
Alat/Bahan : Alat tulis.
Media/Sumber Ajar :Media digital interaktif, video tutorial, buku panduan dan modul.
Target Peserta Didik : Peserta didik reguler/tipikal (tanpa ketunaan dan kesulitan belajar atau berpencapaian tinggi).

C. KOMPONEN INTI

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran ini, siswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan pengertian dan fungsi geometrical constraint pada sketsa 2D Autodesk Inventor.

- Mengidentifikasi berbagai jenis constraint, seperti: Horizontal, Vertical Coincident, Concentric, Tangent, Equal, Parallel, Perpendicular, Fixed.
- Menerapkan constraint secara tepat pada objek sketsa agar geometri stabil, terkunci, dan parametrik.
- Menganalisis efek dari constraint terhadap perubahan ukuran atau bentuk objek dalam sketsa.
- Menyunting (edit) atau menghapus constraint untuk memperbaiki kesalahan desain.
- Membuat sketsa teknik 2D sederhana dengan menggunakan kombinasi constraint untuk memastikan bentuk yang presisi dan tidak berubah saat diedit.
- Menunjukkan sikap teliti dan disiplin dalam menyusun sketsa teknik dengan mempertimbangkan hubungan geometris yang benar.

2. Pemahaman Bermakna

"Dengan memahami dan menerapkan constraint pada sketsa 2D, peserta didik dapat menciptakan gambar teknik yang presisi, stabil, dan mudah diedit. Hal ini mencerminkan cara kerja para desainer teknik profesional dalam menjaga kualitas dan efisiensi desain manufaktur di dunia industri".

3. Pertanyaan Pemantik

Mindful Learning (sadar dan fokus saat belajar) :

“Apa yang akan terjadi jika sebuah sketsa tidak diberi constraint yang tepat? Pernahkah kamu membuat sketsa yang kacau saat diubah ukurannya?”

“Apa yang terjadi jika kita tidak menggunakan project geometry saat menggambar sketsa 2D?”

Joyful Learning (belajar dengan rasa senang dan antusias):

“Coba bayangkan kamu jadi desainer robot! Apa bentuk sketsa pertama yang akan kamu buat, dan bagaimana constraint bisa membantu kamu bikin bentuknya presisi?”

Meaningful Learning (pembelajaran bermakna dan terhubung dengan kehidupan nyata);

“Mengapa penting mengatur hubungan geometris (constraint) pada gambar teknik, dan bagaimana penerapannya memengaruhi hasil manufaktur di dunia kerja nyata?”

4. Persiapan Pembelajaran

Guru melakukan asesmen diagnostik untuk pemetaan dan merancang strategi pembelajaran

pada peserta didik sebelum pembelajaran (asesmen diagnostik non kognitif dan asesmen diagnositk kognitif).

Jenis	Aspek Penilaian	Teknik	Instrumen
Asesmen Diagnostik	Diagnostik Non Kognitif (minat, kesiapan belajar dan gaya belajar)	Tes tulis (angket gaya belajar)	Rubrik
	Diagnostik Kognitif	Tes tulis	Rubrik
Asesmen Formatif	Sikap (afektif)	Observasi	Rubrik
	Asesmen Formatif (kognitif)	Tes tulis Studi Kasus	Rubrik
	Keterampilan (Psikomotor)	Kinerja	Rubrik

D, KEGIATAN PEMBELAJARAN

1. Pendahuluan (1 JP)

- Guru membuka kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam
- Perwakilan peserta didik memimpin doa. (**KSE: Kesadaran diri**)
- Guru mengecek kehadiran peserta didik dan menanyakan kabar peserta didik apabila ada yang tidak hadir. (**Manajemen Diri**)

a. Fase Stimulasi.

- Guru memutar video/demonstrasi sketsa 2D yang tidak menggunakan constraint dan membandingkannya dengan sketsa yang terkunci dengan constraint.. (**Diferensiasi Konten**)
- Guru memberikan pertanyaan pemantik seperti: “Coba bayangkan kamu jadi desainer robot! Apa bentuk sketsa pertama yang akan kamu buat, dan bagaimana constraint bisa membantu kamu bikin bentuknya presisi?” (**Joyfull Learning**) (**Budaya Positif: Berfikir Kritis**)

2. Kegiatan Inti (8 JP)

b. Fase Identifikasi Masalah

- Siswa diminta mengamati hasil sketsa yang berubah bentuk saat diubah ukurannya karena tidak ada constraint (**Budaya Positif: Berfikir Kritis**)
- Siswa secara kelompok mengidentifikasi: “Apa masalah yang terjadi pada sketsa tanpa constraint?”

c. Fase Pengumpulan Informasi.

- Siswa mengeksplorasi langsung menu-menu constraint di Autodesk Inventor (Horizontal, Vertical, Coincident, Tangent, dsb). (**KSE: Manajemen Diri**) (**Diferensiasi Proses**)
- Siswa mencoba memberikan constraint pada objek garis dan lingkaran yang sudah dibuat. (**KSE: Kesadaran Diri**)

d. Fase Pengolahan Data

- Siswa berdiskusi mengenai efek penerapan constraint terhadap kestabilan dan keakuratan sketsa. (**KSE: Manajemen Diri**) (**Diferensiasi Proses**)
- Mereka menguji coba menambah/menghapus constraint dan melihat hasilnya. (**KSE: Kesadaran Diri**)

e. Fase Pembuktian / Analisis

- Siswa menyimpulkan manfaat constraint dari hasil eksperimen. (**KSE: Manajemen Diri**)
- Guru mengarahkan diskusi untuk memperkuat konsep. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)

f. Fase Penarikan Simpulan

- Siswa bersama guru menyimpulkan:

  - Fungsi constraint

  - Jenis-jenis constraint

  - Penerapannya dalam dunia desain teknik/manufaktur.. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)

3. Kegiatan Penutup (1 JP)

- Guru dan siswa melakukan refleksi secara Bersama-sama terhadap kegiatan pembelajaran yang sudah dijalani. (**KSE: Manajemen Diri**)

- Guru dan siswa membuat Kesimpulan dari materi yang sudah diterapkan. (**KSE: Keterampilan Berelasi**)
- Guru memberikan cakupan materi yang akan diajarkan pada pertemuan berikutnya.

E. ASESMEN

Bentuk Asesmen	Teknik Asesmen	Instrumen
Formatif	• Observasi Keterlibatan Siswa • Tanya jawab lisan • Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	• Daftar cek observasi atau catatan anekdot. • Catatan respon siswa. • LKPD yang telah dikoreksi dan dinilai.
Sumatif	• Tes tertulis (non-praktik) • Penilaian Refleksi Siswa	• Soal tes (kertas atau digital) • Bagian refleksi dalam LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

A. Langkah Kegiatan

1. Stimulasi & Observasi

Tonton video/demonstrasi Autodesk Inventor yang menunjukkan:

Sketsa 2D tanpa constraint

Sketsa 2D dengan constraint

Pertanyaan Reflektif (Mindful & Meaningful):

- Apa yang terjadi saat ukuran objek sketsa diubah tanpa constraint?
- Mengapa desainer teknik membutuhkan constraint dalam gambar kerja?

2. Identifikasi Masalah

Coba gambar objek persegi panjang dan lingkaran dalam Sketch 2D tanpa menggunakan constraint. Lalu ubah ukurannya.

Catat masalah yang kamu temukan:

.....

.....

3. Eksplorasi Constraint

Arahkan pointer ke menu Constraint, lalu identifikasi jenis-jenisnya.

Tugas: Isilah tabel berikut dengan fungsi dari masing-masing constraint:

Nama Constraint	Ikon/Simbol	Fungsi Singkat
Horizontal		
Vertical		
Coincident		
Tangent		
Equal		
Parallel		
Perpendicular		
Fixed		

4. Penerapan

Langkah Kerja:

- Buatlah sebuah bentuk geometri kombinasi (misalnya: dua garis sejajar, satu lingkaran, satu busur).
- Beri constraint yang sesuai pada objek-objek tersebut.
- Simpan file kerja.

Gambarkan sketsa kamu di sini (secara manual atau print screen jika dicetak digital):

.....

5. Analisis & Simpulan

Jawablah pertanyaan berikut:

- Apa keuntungan menggunakan constraint dalam gambar teknik?
- Bagaimana constraint membantu menjaga keakuratan saat revisi desain?

Simpulanmu:

.....

.....

B. Refleksi

✅ Saya sudah bisa menggunakan constraint dengan benar.

🔁 Saya masih perlu latihan memahami jenis constraint.

❓ Saya masih bingung dalam …….....

LAMPIRAN MATERI

BAB 1V. 2D SKETCH & GEOMETRIC CONSTRAINT

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

Fase / Kelas: F / XII

Alokasi Waktu : 10 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari materi ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian dan fungsi 2D Sketch pada Autodesk Inventor.
2. Menjelaskan fungsi Geometric Constraint pada pembuatan sketsa teknik.
3. Mengenali jenis-jenis constraint yang digunakan dalam Sketch 2D.
4. Menerapkan constraint pada objek garis, lingkaran, busur, dan bentuk geometri lainnya.
5. Menggunakan constraint untuk menjaga hubungan geometris antarobjek.
6. Menganalisis perubahan bentuk sketsa sebelum dan sesudah diberikan constraint.
7. Menyunting atau menghapus constraint apabila terjadi kesalahan.
8. Membuat sketsa teknik 2D sederhana yang presisi, stabil, dan mudah diedit.

B. PENGANTAR

Dalam proses pembuatan gambar teknik menggunakan Autodesk Inventor, langkah awal yang sangat penting adalah membuat 2D Sketch.

Sketch merupakan dasar untuk membuat model tiga dimensi. Bentuk-bentuk sederhana seperti garis, lingkaran, persegi panjang, dan busur dapat dikombinasikan untuk membentuk profil benda yang akan dimodelkan.

Namun, membuat bentuk saja belum cukup.

Sebuah sketsa teknik harus memiliki hubungan geometris dan ukuran yang jelas agar bentuknya presisi, stabil, dan mudah diperbaiki. Oleh karena itu, Autodesk Inventor menyediakan fitur Geometric Constraint.

Dengan constraint, hubungan antara satu objek dengan objek lainnya dapat ditentukan, misalnya:

- garis harus horizontal;
- dua garis harus sejajar;

- dua garis harus tegak lurus;
- dua titik harus bertemu;
- lingkaran harus bersinggungan dengan garis;
- dua objek harus memiliki ukuran yang sama.

Dalam pembelajaran pada modul ini, peserta didik akan membandingkan sketsa yang belum menggunakan constraint dengan sketsa yang telah diberikan constraint, kemudian mengamati perubahan yang terjadi.

C. PENGERTIAN 2D SKETCH

2D Sketch adalah gambar atau geometri dua dimensi yang dibuat pada suatu bidang kerja (*plane*) dalam Autodesk Inventor.

Sketch dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat model tiga dimensi melalui berbagai fitur pemodelan.

Contoh objek dasar yang dapat dibuat dalam Sketch 2D antara lain:

- Line
- Circle
- Arc
- Rectangle
- Polygon
- dan bentuk geometri lainnya.

Dalam proses pembuatan Sketch 2D, objek-objek tersebut dapat diberi ukuran menggunakan Dimension dan hubungan geometris menggunakan Geometric Constraint.

Dengan demikian, sebuah sketch tidak hanya berupa gambar, tetapi juga memiliki aturan geometris dan ukuran yang mengendalikan bentuknya.

D. KOMPONEN PENTING DALAM 2D SKETCH

Dalam membuat Sketch 2D, terdapat beberapa komponen penting yang perlu dipahami.

1. Geometry

Geometry merupakan bentuk atau objek yang dibuat pada area Sketch.

Contohnya:

- garis;
- lingkaran;
- busur;
- persegi panjang.

Geometry merupakan bentuk dasar yang nantinya dapat dikembangkan menjadi profil benda.

2. Dimension

Dimension digunakan untuk memberikan ukuran pada objek sketch.

Contohnya:

- panjang garis;
- jarak antarobjek;
- diameter lingkaran;
- radius busur;
- sudut.

Dalam materi sebelumnya pada modul Anda, General Dimension dijelaskan sebagai fitur untuk memberikan ukuran pada Sketch sehingga ukuran tersebut dapat mengendalikan dan mempermudah perubahan bentuk Sketch.

3. Geometric Constraint

Geometric Constraint digunakan untuk mengatur hubungan geometris antarobjek pada Sketch. Constraint membantu menjaga agar hubungan antarobjek tetap sesuai dengan rancangan ketika ukuran atau bentuk sketch diubah.

Contohnya:

Dua garis dibuat sejajar.

Jika salah satu garis mengalami perubahan posisi, hubungan sejajarnya tetap dipertahankan selama constraint tersebut masih berlaku.

E. MENGAPA CONSTRAINT DIPERLUKAN?

Bayangkan sebuah persegi panjang dibuat tanpa constraint.

Ketika salah satu titik atau garis digeser, bentuknya dapat berubah menjadi tidak sesuai dengan rancangan awal.

Misalnya:

Sebelum menggunakan constraint:

Persegi Panjang

↓

Salah satu titik digeser

↓

Bentuk dapat berubah

Sedangkan dengan constraint:

Persegi Panjang

↓

Diberikan Horizontal + Vertical + Coincident

↓

Hubungan geometris tetap terjaga

Dengan demikian, constraint membantu menghasilkan sketch yang:

1. Presisi

Hubungan geometris antarobjek dapat dikontrol.

2. Stabil

Geometri tidak mudah berubah secara tidak terkontrol ketika diedit.

3. Parametrik

Perubahan ukuran dapat dilakukan dengan tetap mempertahankan hubungan geometris yang telah ditentukan.

4. Mudah diedit

Desain dapat diperbaiki tanpa harus menggambar ulang seluruh objek.

5. Konsisten

Hubungan antarbagian tetap sesuai dengan rancangan.

Hal tersebut sesuai dengan pemahaman bermakna dalam modul Anda bahwa constraint digunakan untuk menghasilkan gambar teknik yang presisi, stabil, dan mudah diedit.

F. JENIS-JENIS GEOMETRIC CONSTRAINT

Dalam Autodesk Inventor terdapat berbagai jenis constraint. Pada pembelajaran ini peserta didik akan mempelajari beberapa constraint utama.

1. Horizontal Constraint

Fungsi:

Membuat garis atau hubungan antar titik berada dalam arah horizontal.

Contoh:

●————————————●

Garis akan dipertahankan dalam posisi mendatar.

Contoh penerapan:

Pada pembuatan dasar sebuah bracket, garis bagian bawah dapat diberikan constraint Horizontal agar tetap sejajar dengan arah horizontal.

2. Vertical Constraint

Fungsi:

Membuat garis atau hubungan antar titik berada dalam arah vertikal.

Contoh:

●
│
│
│
●

Garis dipertahankan dalam posisi tegak.

Contoh penerapan:

Sisi samping sebuah profil dapat diberikan constraint Vertical agar tetap tegak.

3. Coincident Constraint

Fungsi:

Membuat dua titik atau objek berada pada posisi yang sama atau saling bertemu.

Contoh:

●
/ \

Titik ujung dua garis dibuat bertemu pada satu titik.

Contoh penerapan:

Ketika membuat persegi dari beberapa garis Line secara terpisah, titik-titik ujung garis dapat dihubungkan menggunakan Coincident.

4. Parallel Constraint

Fungsi:

Membuat dua garis tetap sejajar.

Contoh:

_____
_____

Kedua garis memiliki arah yang sama dan tidak saling berpotongan.

Contoh penerapan:

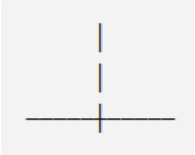
Digunakan pada sisi-sisi benda yang harus memiliki hubungan sejajar.

5. Perpendicular Constraint

Fungsi:

Membuat dua garis saling tegak lurus.

Contoh:



Sudut antara kedua garis adalah 90°.

Contoh penerapan:

Digunakan untuk memastikan sisi horizontal dan vertikal pada sebuah profil tetap membentuk sudut siku-siku.

6. Tangent Constraint

Fungsi:

Membuat dua geometri bersinggungan secara tangensial.

Contoh penerapan:

- garis dengan lingkaran;
- garis dengan busur;
- busur dengan lingkaran.

Constraint ini penting ketika membuat bentuk yang memiliki peralihan lengkung yang halus.

7. Equal Constraint

Fungsi:

Membuat dua objek memiliki ukuran yang sama.

Contohnya:

- dua garis memiliki panjang yang sama;
- dua lingkaran memiliki diameter yang sama.

Jika ukuran salah satu objek yang terhubung dengan Equal diubah, objek lainnya akan mengikuti hubungan kesamaan ukuran tersebut.

8. Concentric Constraint

Fungsi:

Membuat dua lingkaran atau busur memiliki pusat yang sama.

Contoh:



Pusat kedua lingkaran berada pada titik yang sama.

Contoh penerapan:

Constraint ini sangat berguna dalam membuat:

- lubang;
- poros;
- lingkaran konsentris;
- profil komponen berbentuk cincin.

Constraint Concentric juga tercantum dalam tujuan pembelajaran Modul 4 pada dokumen Anda.

9. Fixed Constraint

Fungsi:

Mengunci geometri sehingga posisinya tidak dapat berubah secara bebas.

Constraint ini dapat digunakan ketika bagian tertentu dari sketch harus dipertahankan pada posisi tertentu.

Namun, penggunaan Fixed perlu dilakukan secara tepat agar sketch tidak menjadi terlalu banyak terkunci.

G. RINGKASAN JENIS CONSTRAINT

No.	Constraint	Fungsi
1	Horizontal	Membuat garis/titik memiliki hubungan horizontal
2	Vertical	Membuat garis/titik memiliki hubungan vertikal
3	Coincident	Menggabungkan/menyatukan titik atau geometri
4	Parallel	Membuat dua garis tetap sejajar
5	Perpendicular	Membuat dua garis tegak lurus
6	Tangent	Membuat dua geometri bersinggungan
7	Equal	Membuat ukuran dua geometri sama
8	Concentric	Membuat pusat dua lingkaran/busur sama
9	Fixed	Mengunci geometri pada posisi tertentu

H. CONTOH PENERAPAN CONSTRAINT PADA SKETCH

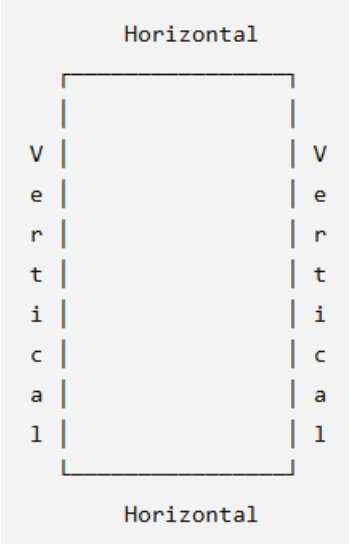
Perhatikan sebuah persegi panjang.

Jika persegi panjang dibuat menggunakan beberapa garis tanpa constraint, hubungan antar garis belum tentu terjaga.

Agar bentuknya lebih stabil, dapat digunakan kombinasi:

- Horizontal untuk sisi atas dan bawah;
- Vertical untuk sisi kiri dan kanan;
- Coincident untuk menghubungkan ujung-ujung garis;
- Dimension untuk menentukan panjang dan lebar.

Sehingga hubungan geometrinya dapat digambarkan:



Dengan kombinasi tersebut, bentuk persegi panjang menjadi lebih terkontrol.

I. GEOMETRIC CONSTRAINT DAN DIMENSION

Constraint dan Dimension memiliki fungsi yang berbeda tetapi saling melengkapi.

Geometric Constraint

Mengatur hubungan geometris.

Contoh:

Dua garis harus sejajar.

Dimension

Mengatur ukuran geometris.

Contoh:

Panjang garis = 50 mm.

Dengan demikian:

Constraint mengatur hubungan, sedangkan Dimension mengatur ukuran.

Dalam gambar teknik, keduanya digunakan bersama untuk menghasilkan sketch yang lebih terkontrol.

J. SKETCH TANPA CONSTRAINT DAN DENGAN CONSTRAINT

1. Sketch tanpa constraint

Pada sketch yang belum memiliki constraint yang cukup, beberapa geometri masih dapat bergerak atau berubah ketika salah satu bagian diedit.

Akibatnya:

- bentuk dapat berubah;
- hubungan antarobjek dapat hilang;
- posisi objek dapat bergeser;
- proses revisi menjadi lebih sulit.

2. Sketch dengan constraint

Pada sketch yang telah diberikan constraint sesuai kebutuhan:

- hubungan antarobjek lebih terjaga;
- bentuk lebih stabil;
- perubahan dapat dikendalikan;
- proses editing lebih mudah;
- desain lebih sesuai dengan tujuan perancangan.

Karena itu, peserta didik perlu memahami bahwa constraint bukan sekadar ikon tambahan, tetapi merupakan bagian penting dalam pembuatan sketch parametrik.

K. LANGKAH DASAR MEMBUAT 2D SKETCH

Secara umum, proses pembuatan Sketch 2D dapat dilakukan sebagai berikut:

Langkah 1 – Membuka Autodesk Inventor

Jalankan aplikasi Autodesk Inventor.

Langkah 2 – Membuat file Part

Buat dokumen Part sebagai tempat membuat sketch.

Langkah 3 – Membuat Sketch

Pilih perintah untuk membuat 2D Sketch.

Langkah 4 – Memilih bidang kerja

Pilih bidang yang akan digunakan untuk membuat sketch.

Langkah 5 – Membuat geometri

Gunakan tools seperti:

- Line;
- Circle;
- Rectangle;
- Arc.

Langkah 6 – Memberikan Constraint

Tentukan hubungan geometris yang diperlukan.

Contoh:

- Horizontal;
- Vertical;
- Coincident;
- Parallel;
- Perpendicular;
- Tangent;
- Equal.

Langkah 7 – Memberikan Dimension

Berikan ukuran yang diperlukan agar bentuk memiliki ukuran sesuai rancangan.

Langkah 8 – Memeriksa Sketch

Periksa kembali:

- bentuk;
- hubungan geometris;
- ukuran;
- posisi;
- constraint yang telah diberikan.

Langkah 9 – Menyimpan file

Simpan hasil pekerjaan dengan nama file yang sesuai.

L. EDIT DAN DELETE CONSTRAINT

Dalam proses pembuatan sketch, terkadang constraint yang diberikan tidak sesuai dengan kebutuhan.

Constraint dapat diperiksa kembali dan apabila diperlukan dapat:

- diedit;
- dihapus;
- ditambahkan kembali.

Contoh:

Sebuah garis seharusnya horizontal, tetapi constraint yang diberikan tidak sesuai.

Langkah penyelesaian:

Periksa constraint → pilih constraint yang salah → hapus/edit → berikan constraint yang benar → periksa kembali sketch.

Kemampuan menyunting atau menghapus constraint merupakan salah satu kompetensi yang ditargetkan dalam Modul 4 Anda.

M. TIPS MEMBUAT SKETCH YANG BAIK

Agar Sketch 2D mudah digunakan untuk tahap pemodelan berikutnya, perhatikan beberapa hal berikut.

1. Buat geometri secara terencana

Jangan langsung menggambar secara sembarangan. Tentukan terlebih dahulu bentuk dan ukuran objek.

2. Gunakan constraint sesuai kebutuhan

Jangan memberikan constraint secara berlebihan.

3. Gunakan Dimension untuk ukuran

Ukuran sebaiknya ditentukan dengan Dimension, bukan hanya berdasarkan perkiraan visual.

4. Perhatikan hubungan antarobjek

Pastikan bagian-bagian yang seharusnya:

- sejajar;
- tegak lurus;
- berimpit;
- bersinggungan;
- sama ukuran;

telah diberikan constraint yang sesuai.

5. Periksa kembali sketch sebelum digunakan

Pastikan tidak ada geometri yang salah posisi atau hubungan yang tidak sesuai.

N. CONTOH KASUS SEDERHANA

Seorang siswa membuat sketsa sebuah bracket sederhana.

Sketsa memiliki:

- dua garis horizontal;
- dua garis vertical;
- dua lubang lingkaran;
- beberapa ukuran.

Agar sketsa lebih terkontrol, siswa dapat menggunakan:

Horizontal

→ untuk sisi atas dan bawah.

Vertical

→ untuk sisi kiri dan kanan.

Coincident

→ untuk menghubungkan titik-titik geometri.

Equal

→ apabila kedua lubang memiliki ukuran sama.

Concentric

→ apabila terdapat lingkaran yang memiliki pusat sama.

Dimension

→ untuk menentukan panjang, lebar, diameter lubang, dan jarak antarfitur.

Dengan demikian, sketsa tidak hanya menyerupai bentuk bracket secara visual, tetapi juga memiliki hubungan geometris dan ukuran yang dapat dikendalikan.

O. KESALAHAN YANG SERING TERJADI

Beberapa kesalahan yang perlu dihindari antara lain:

1. Menggambar tanpa memperhatikan constraint

Akibatnya geometri mudah berubah ketika diedit.

2. Menggunakan Fixed secara berlebihan

Jika terlalu banyak geometri dikunci, proses perubahan desain dapat menjadi sulit.

3. Tidak memberikan Dimension

Bentuk mungkin terlihat benar, tetapi ukuran sebenarnya belum terdefinisi.

4. Memberikan constraint yang bertentangan

Hubungan geometris yang tidak tepat dapat menyebabkan masalah pada sketch.

5. Tidak memeriksa kembali hasil sketch

Kesalahan kecil pada sketch dapat memengaruhi proses pemodelan 3D pada tahap berikutnya.

P. HUBUNGAN 2D SKETCH DENGAN PEMODELAN 3D

2D Sketch merupakan salah satu dasar penting dalam pemodelan tiga dimensi.

Alurnya dapat digambarkan:

2D Sketch

↓

Geometric Constraint

↓

Dimension

↓

Sketch yang terkontrol

↓

Pemodelan 3D

↓

Part/Komponen

Oleh karena itu, kemampuan membuat Sketch 2D yang baik akan membantu peserta didik ketika memasuki materi pemodelan 3D Part pada modul berikutnya.

Q. RANGKUMAN

1. 2D Sketch merupakan gambar dua dimensi yang dibuat pada bidang kerja Autodesk Inventor.
2. Sketch dapat digunakan sebagai dasar dalam pembuatan model tiga dimensi.
3. Geometric Constraint digunakan untuk mengatur hubungan geometris antarobjek.
4. Constraint membantu membuat sketch menjadi lebih presisi, stabil, dan mudah diedit.
5. Horizontal digunakan untuk hubungan horizontal.
6. Vertical digunakan untuk hubungan vertikal.
7. Coincident digunakan untuk menyatukan titik atau geometri.
8. Parallel digunakan untuk membuat dua garis sejajar.
9. Perpendicular digunakan untuk membuat dua garis tegak lurus.
10. Tangent digunakan untuk membuat geometri bersinggungan.
11. Equal digunakan untuk membuat ukuran geometri sama.
12. Concentric digunakan untuk membuat pusat dua lingkaran/busur sama.
13. Fixed digunakan untuk mengunci geometri pada posisi tertentu.
14. Dimension digunakan untuk menentukan ukuran objek.
15. Constraint dan Dimension digunakan secara bersama-sama untuk menghasilkan Sketch yang terkontrol.

R. REFLEKSI

Setelah mempelajari materi ini, jawablah pertanyaan berikut.

1. Apa fungsi utama Geometric Constraint pada Sketch 2D?

.....

2. Apa perbedaan fungsi Constraint dan Dimension?

.....

3. Sebutkan minimal lima jenis Geometric Constraint yang telah dipelajari!

.....

4. Mengapa sketch yang menggunakan constraint lebih mudah dikontrol?

.....

5. Constraint apa yang paling mudah Anda pahami? Mengapa?

.....

6. Constraint apa yang masih sulit Anda gunakan?

.....

7. Apa yang terjadi apabila sketch dibuat tanpa memperhatikan hubungan geometris?

.....

LAMPIRAN MATERI

BAB V. PEMODELAN 3D PART

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

Fase / Kelas: F / XII

Alokasi Waktu : 10 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari materi Pemodelan 3D Part, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian pemodelan 3D Part pada Autodesk Inventor.
2. Menjelaskan fungsi file Part (.ipt) dalam Autodesk Inventor.
3. Menjelaskan hubungan antara 2D Sketch dan model 3D.
4. Menggunakan Sketch 2D sebagai dasar pembuatan model 3D.
5. Menggunakan fitur pemodelan 3D seperti Extrude, Revolve, Hole, Fillet, dan Chamfer.
6. Membuat model 3D komponen sederhana berdasarkan gambar teknik.
7. Membuat Sketch tambahan pada permukaan model 3D.
8. Melakukan perubahan dan penyuntingan model 3D secara parametrik.
9. Memeriksa kesesuaian bentuk dan ukuran model dengan gambar kerja.
10. Menghasilkan model 3D Part yang rapi, presisi, dan siap digunakan pada tahap perakitan atau pembuatan gambar kerja.

B. PENGANTAR

Dalam proses perancangan teknik, gambar dua dimensi dapat dikembangkan menjadi model tiga dimensi agar bentuk komponen dapat divisualisasikan dengan lebih jelas.

Pada Autodesk Inventor, proses tersebut dilakukan menggunakan Part.

File Part (.ipt) digunakan untuk membuat sebuah komponen atau benda kerja. Dalam satu file Part, peserta didik dapat membuat Sketch, memberikan fitur pemodelan, melakukan perubahan ukuran, serta mengembangkan bentuk komponen secara bertahap.

Pemodelan 3D tidak dimulai dengan menggambar bentuk tiga dimensi secara langsung. Pada umumnya, proses diawali dengan:

2D Sketch → Constraint & Dimension → Feature 3D → Model 3D

Dengan memahami tahapan tersebut, peserta didik dapat membuat model komponen mesin

berdasarkan gambar teknik.

C. PENGERTIAN PEMODELAN 3D PART

Pemodelan 3D Part adalah proses membuat representasi tiga dimensi suatu komponen menggunakan perangkat lunak CAD.

Dalam Autodesk Inventor, model Part dapat dibangun dari Sketch 2D kemudian dikembangkan menggunakan berbagai fitur pemodelan.

Contoh komponen yang dapat dimodelkan antara lain:

- bracket;
- poros;
- pulley;
- dudukan;
- flange;
- rumah bearing;
- blok mesin sederhana;
- komponen mesin lainnya.

Model 3D yang dibuat tidak hanya menunjukkan bentuk benda, tetapi juga dapat memiliki informasi ukuran dan hubungan geometris yang dapat diedit.

D. FILE PART (.IPT)

Dalam Autodesk Inventor, Part (.ipt) digunakan untuk membuat komponen.

File Part dapat digunakan untuk membuat objek:

- sederhana;
- kompleks;
- berbentuk prismatik;
- berbentuk silindris;
- maupun kombinasi berbagai bentuk.

Dalam materi pengenalan Autodesk Inventor pada modul Anda, template Part – Create 2D and 3D Object (.ipt) dijelaskan sebagai template untuk membuat komponen baru.

Alur sederhana:

New → Part (.ipt)

↓

Create Sketch

↓

2D Sketch

↓

Constraint & Dimension

↓

Feature 3D

↓

Model Part

E. HUBUNGAN 2D SKETCH DENGAN MODEL 3D

Pada bab sebelumnya, peserta didik telah mempelajari bahwa Sketch 2D merupakan dasar pemodelan.

Secara sederhana:

2D SKETCH

↓

GEOMETRIC CONSTRAINT

↓

DIMENSION

↓

SKETCH TERKONTROL

↓

FEATURE 3D

↓

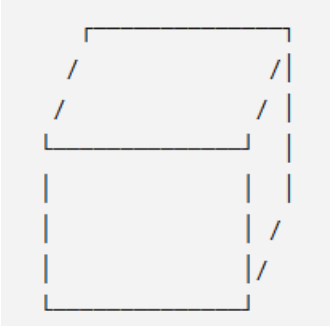
MODEL 3D PART

Sebagai contoh, sebuah persegi panjang berukuran:

50 mm × 30 mm

dapat dibuat menjadi model 3D dengan memberikan ketebalan menggunakan Extrude.

Hasilnya menjadi sebuah balok:



Dengan demikian, peserta didik dapat memahami bahwa model 3D dibangun dari geometri yang telah dibuat dan dikontrol pada Sketch.

F. KONSEP FEATURE PADA PEMODELAN 3D

Dalam Autodesk Inventor, bentuk model 3D dapat dibangun secara bertahap menggunakan feature.

Feature merupakan operasi yang digunakan untuk menambahkan, mengurangi, atau mengubah bentuk model.

Contohnya:

Feature	Fungsi utama
Extrude	Membentuk objek 3D dari profil Sketch
Revolve	Membentuk objek dengan memutar profil terhadap sumbu
Hole	Membuat lubang
Fillet	Membuat pembulatan pada tepi
Chamfer	Membuat serongan pada tepi
Pattern	Menggandakan feature dengan pola tertentu
Mirror	Mencerminkan feature atau geometri

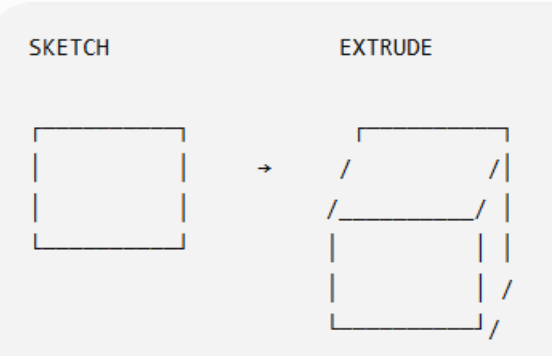
Feature-feature tersebut dapat dikombinasikan untuk menghasilkan bentuk komponen yang lebih kompleks.

G. EXTRUDE

1. Pengertian

Extrude adalah fitur yang digunakan untuk mengubah profil Sketch 2D menjadi bentuk tiga dimensi dengan memberikan jarak atau ketebalan pada arah tertentu.

Contoh:



Sketch persegi panjang dapat diubah menjadi balok dengan memberikan nilai jarak Extrude.

2. Contoh penerapan

Misalnya dibuat Sketch:

- Panjang = 60 mm
- Lebar = 40 mm

Kemudian diberikan:

Extrude = 20 mm

Maka model menjadi:

60 mm × 40 mm × 20 mm

3. Langkah umum Extrude

1. Buat Part (.ipt).
2. Buat 2D Sketch.
3. Pilih bidang kerja.
4. Buat profil tertutup.
5. Berikan Dimension dan Constraint.
6. Selesaikan Sketch.
7. Pilih Extrude.
8. Tentukan arah Extrude.
9. Masukkan nilai jarak.
10. Konfirmasi fitur.
11. Periksa model 3D.

Catatan

Profil Sketch yang digunakan untuk menghasilkan solid umumnya harus membentuk area tertutup.

H. REVOLVE

1. Pengertian

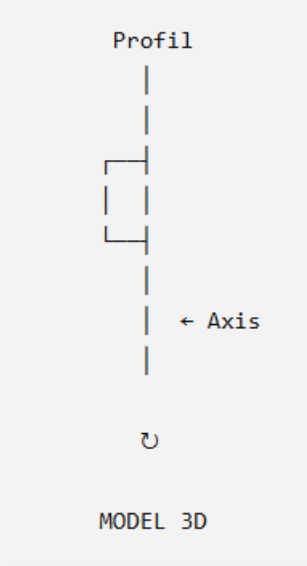
Revolve digunakan untuk membentuk objek tiga dimensi dengan cara memutar sebuah profil Sketch terhadap suatu sumbu.

Contoh benda yang cocok dibuat dengan Revolve:

- poros;
- puli;
- roda;
- bushing;
- benda berbentuk silindris;

- komponen dengan bentuk simetris terhadap sumbu.

Konsepnya:



2. Contoh penerapan

Misalnya siswa ingin membuat sebuah benda berbentuk poros.

Siswa dapat membuat setengah profil poros pada Sketch, kemudian menentukan:

Axis → Sumbu putar

Angle → 360°

Profil tersebut akan diputar mengelilingi sumbu sehingga menghasilkan model 3D.

I. HOLE

1. Pengertian

Hole digunakan untuk membuat lubang pada model 3D.

Fitur ini sangat berguna dalam pembuatan komponen manufaktur karena banyak komponen memiliki lubang untuk:

- baut;
- poros;
- pin;
- sambungan;
- pemasangan komponen.

2. Contoh penerapan

Misalnya sebuah bracket memiliki dua lubang baut.

Proses sederhananya:

Model Bracket

↓

Buat Sketch/posisi lubang

↓

Hole

↓

Tentukan diameter

↓

Tentukan kedalaman/jenis lubang

↓

OK

J. FILLET

1. Pengertian

Fillet digunakan untuk membuat pembulatan pada tepi model.

Contoh:



Tepi yang sebelumnya tajam menjadi memiliki radius tertentu.

2. Fungsi Fillet

Fillet dapat digunakan untuk:

- mengurangi ketajaman sudut;
- memberikan bentuk yang lebih halus;
- menyesuaikan desain komponen;
- memberikan radius sesuai gambar kerja.

Contoh:

Radius = 5 mm

berarti tepi yang dipilih diberikan pembulatan dengan radius 5 mm.

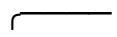
K. CHAMFER

1. Pengertian

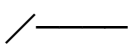
Chamfer digunakan untuk membuat serongan pada bagian tepi atau sudut model.

Berbeda dengan Fillet yang menghasilkan pembulatan, Chamfer menghasilkan permukaan miring.

Fillet



Chamfer



2. Contoh penggunaan

Chamfer dapat digunakan untuk:

- membuat serongan pada ujung poros;
- menghilangkan sudut tajam;
- membuat bentuk sesuai gambar kerja;
- mempersiapkan bagian tertentu agar lebih mudah dirakit.

L. PATTERN

1. Pengertian

Pattern digunakan untuk menggandakan sebuah feature atau geometri berdasarkan pola tertentu.

Misalnya sebuah lubang dibuat satu kali, kemudian diperlukan empat lubang dengan jarak yang sama.

Daripada membuat lubang satu per satu, Pattern dapat digunakan untuk menggandakannya.

Jenis pola dapat disesuaikan dengan kebutuhan model.

Contoh sederhana:

● ● ● ●

Satu feature lubang dapat dikembangkan menjadi beberapa lubang dengan pola tertentu.

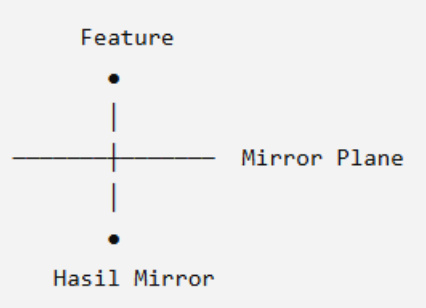
M. MIRROR

Mirror digunakan untuk membuat salinan objek atau feature dengan prinsip pencerminan

terhadap bidang atau bidang acuan tertentu.

Contoh:

Jika sebuah feature dibuat di sebelah kiri model, feature tersebut dapat dicerminkan ke sebelah kanan.



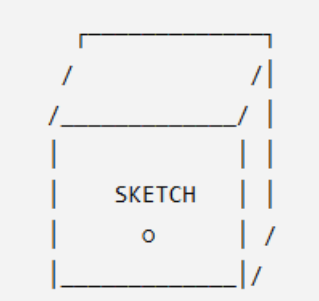
Mirror sangat berguna ketika sebuah komponen memiliki bentuk yang simetris.

N. PEMBUATAN SKETCH PADA PERMUKAAN MODEL 3D

Setelah model 3D dibuat, Sketch tidak selalu harus dibuat pada XY Plane, XZ Plane, atau YZ Plane.

Sketch juga dapat dibuat pada permukaan/faces model 3D.

Contohnya:



Sketch tersebut dapat digunakan untuk membuat feature tambahan seperti:

- lubang;
- slot;
- potongan;
- tonjolan;
- bentuk tertentu lainnya.

Hal ini sesuai dengan arah ATP pada dokumen Anda yang menyebutkan kemampuan membuat Sketch 2D pada Part 3D menggunakan fitur bantuan yang sesuai.

O. CONTOH ALUR PEMODELAN KOMPONEN SEDERHANA

Sebagai latihan awal, peserta didik dapat membuat Bracket Sederhana.

Tahap 1 – Membuat Part

Buka:

New → Part (.ipt)

Tahap 2 – Membuat Sketch

Pilih:

Start 2D Sketch

Kemudian pilih plane yang sesuai.

Pemilihan plane yang tepat penting karena akan memengaruhi proses pembuatan Part berikutnya. Hal tersebut juga ditekankan dalam materi pengenalan Inventor pada modul Anda.

Tahap 3 – Membuat profil

Gunakan:

- Line;
- Rectangle;
- Circle.

Tahap 4 – Memberikan Constraint

Gunakan:

- Horizontal;
- Vertical;
- Coincident;
- Equal;
- dan constraint lain yang diperlukan.

Tahap 5 – Memberikan Dimension

Contoh:

- panjang = 80 mm;
- lebar = 50 mm;
- diameter lubang = 10 mm.

Tahap 6 – Extrude

Berikan ketebalan:

20 mm

Tahap 7 – Membuat lubang

Gunakan:

Hole

Tahap 8 – Membuat pembulatan

Gunakan:

Fillet

Tahap 9 – Membuat serongan

Gunakan:

Chamfer

Tahap 10 – Memeriksa model

Periksa:

- ukuran;
- bentuk;
- posisi lubang;
- radius;
- chamfer;
- kesesuaian dengan gambar kerja.

P. CONTOH STRUKTUR PEMODELAN PART

Salah satu cara berpikir yang baik dalam pemodelan adalah membangun benda dari bentuk dasar menuju bentuk detail.

Contoh:

Bentuk Dasar

↓

SKETCH

↓

EXTRUDE

↓

Bentuk Utama

↓

HOLE

↓

Lubang

↓

FILLET

↓

Pembulatan

↓

CHAMFER

↓

Serongan

↓

PATTERN

↓

Feature Berulang

↓

MODEL PART

Dengan pola tersebut, siswa tidak hanya mengikuti langkah klik pada software, tetapi memahami logika pembentukan benda.

Q. PARAMETRIC MODELING

Salah satu keunggulan pemodelan CAD adalah kemampuan melakukan perubahan desain berdasarkan parameter.

Misalnya sebuah model memiliki panjang:

100 mm

Kemudian ukuran tersebut diubah menjadi:

120 mm

Model dapat menyesuaikan perubahan tersebut berdasarkan hubungan dan parameter yang telah dibuat.

Karena itu, siswa perlu memahami bahwa model 3D bukan sekadar gambar tiga dimensi, tetapi merupakan model yang dapat dikendalikan melalui Sketch, Constraint, Dimension, dan Feature.

R. TIPS MEMBUAT MODEL 3D YANG BAIK

1. Mulai dari bentuk dasar

Jangan langsung membuat feature yang rumit.

2. Gunakan Sketch yang terkontrol

Pastikan Constraint dan Dimension telah diterapkan dengan baik.

3. Gunakan feature sesuai kebutuhan

Pilih Extrude, Revolve, Hole, Fillet, Chamfer, Pattern, atau Mirror sesuai karakteristik benda.

4. Perhatikan urutan feature

Urutan feature dapat memengaruhi proses pengeditan model.

5. Hindari feature yang tidak diperlukan

Model yang terlalu banyak feature yang tidak perlu akan lebih sulit dikelola.

6. Periksa ukuran

Model 3D harus sesuai dengan gambar teknik yang menjadi acuan.

7. Simpan file secara berkala

Gunakan nama file yang sistematis.

Contoh:

XI_TPM_Bracket_NamaSiswa.ipt

S. KESALAHAN YANG SERING TERJADI

1. Sketch tidak membentuk profil yang benar

Akibatnya feature seperti Extrude tidak dapat menghasilkan bentuk yang diharapkan.

Solusi: periksa kembali geometri dan hubungan antarobjek.

2. Salah memilih Plane

Pemilihan plane yang tidak sesuai dapat menyulitkan proses pemodelan berikutnya.

Solusi: tentukan terlebih dahulu arah utama benda yang akan dibuat.

3. Ukuran Sketch tidak sesuai

Model yang dihasilkan tidak sesuai gambar kerja.

Solusi: gunakan Dimension dan periksa kembali ukuran.

4. Fillet terlalu besar

Radius yang terlalu besar dapat menyebabkan feature gagal dibuat.

Solusi: sesuaikan radius dengan ukuran benda dan ruang yang tersedia.

5. Lubang berada pada posisi yang salah

Kesalahan posisi lubang dapat menyebabkan komponen tidak dapat digunakan atau dirakit dengan benar.

Solusi: tentukan posisi lubang menggunakan Dimension dan Constraint.

T. PEMODELAN 3D DAN DUNIA INDUSTRI

Dalam dunia manufaktur, model 3D dapat digunakan sebagai dasar untuk berbagai kegiatan, antara lain:

- visualisasi komponen;
- pemeriksaan bentuk;
- pengembangan desain;
- pembuatan gambar kerja;
- perakitan;

- dokumentasi;
- komunikasi desain.

Materi pengenalan Autodesk Inventor dalam modul Anda juga mengaitkan penggunaan Inventor dengan perancangan komponen mesin seperti poros, rumah bearing, dan dudukan motor, serta kebutuhan menghasilkan gambar kerja 2D dan 3D yang akurat.

Dengan demikian, kemampuan membuat model 3D merupakan salah satu keterampilan penting bagi peserta didik Teknik Pemesinan.

U. HUBUNGAN PEMODELAN 3D DENGAN MATERI BERIKUTNYA

Setelah menguasai Pemodelan 3D Part, peserta didik akan lebih siap memasuki materi Assembly dan Drawing.

Alurnya:

2D Sketch

↓

Geometric Constraint

↓

Pemodelan 3D Part (.ipt)

↓

Assembly (.iam)

↓

Drawing / Gambar Kerja

Dalam Autodesk Inventor, file Assembly digunakan untuk merakit Part yang telah dibuat, sedangkan file Drawing digunakan untuk membuat gambar kerja atau *Engineering Drawing*.

V. RANGKUMAN

1. Pemodelan 3D Part merupakan proses membuat model tiga dimensi suatu komponen menggunakan CAD.
2. File Part (.ipt) digunakan untuk membuat komponen.
3. Pemodelan 3D umumnya dimulai dari 2D Sketch.
4. Sketch harus dibuat dengan memperhatikan Constraint dan Dimension.
5. Extrude digunakan untuk memberikan ketebalan atau membentuk solid dari profil Sketch.
6. Revolve digunakan untuk membuat bentuk dengan memutar profil terhadap suatu sumbu.

7. Hole digunakan untuk membuat lubang.
8. Fillet digunakan untuk membuat pembulatan pada tepi.
9. Chamfer digunakan untuk membuat serongan pada tepi.
10. Pattern digunakan untuk menggandakan feature berdasarkan pola.
11. Mirror digunakan untuk mencerminkan feature atau geometri.
12. Sketch juga dapat dibuat pada permukaan model 3D untuk menghasilkan feature tambahan.
13. Model 3D yang baik harus memperhatikan bentuk, ukuran, hubungan geometris, dan urutan feature.
14. Pemodelan 3D Part menjadi dasar untuk pembelajaran Assembly dan Drawing.

W. REFLEKSI PESERTA DIDIK

Jawablah pertanyaan berikut berdasarkan pengalaman belajar Anda.

1. Apa yang dimaksud dengan Pemodelan 3D Part?

.....

2. Apa fungsi file Part (.ipt) dalam Autodesk Inventor?

.....

3. Mengapa 2D Sketch menjadi dasar penting dalam pemodelan 3D?

.....

4. Apa perbedaan fungsi Extrude dan Revolve?

.....

5. Apa fungsi Hole, Fillet, dan Chamfer?

.....

6. Mengapa Constraint dan Dimension penting sebelum membuat model 3D?

.....

7. Fitur pemodelan 3D apa yang paling mudah Anda pahami?

.....

8. Fitur apa yang masih menjadi kesulitan bagi Anda?

.....

9. Jika Anda diminta membuat sebuah bracket untuk digunakan di bengkel sekolah, fitur apa saja yang kemungkinan akan Anda gunakan?

.....

10. Menurut Anda, apa manfaat model 3D dalam pekerjaan seorang teknisi pemesinan?

.....

LAMPIRAN MATERI

BAB VI. ASSEMBLY / PERAKITAN KOMPONEN

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

Fase / Kelas: F / XII

Alokasi Waktu : 10 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari materi Assembly / Perakitan Komponen, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian Assembly pada Autodesk Inventor.
2. Menjelaskan fungsi file Assembly (.iam).
3. Menjelaskan hubungan antara Part (.ipt) dan Assembly (.iam).
4. Mengidentifikasi komponen-komponen yang diperlukan dalam sebuah rakitan.
5. Membuat file Assembly baru.
6. Memasukkan atau menempatkan Part ke dalam Assembly.
7. Mengatur posisi komponen sesuai rancangan.
8. Menerapkan hubungan atau *constraint/joint* antar-komponen.
9. Membuat rakitan sederhana berdasarkan gambar atau desain yang diberikan.
10. Memeriksa kesesuaian posisi dan hubungan antar-komponen.
11. Menyimpan file Assembly dengan struktur file yang benar.
12. Menjelaskan hubungan Assembly dengan proses perancangan dan manufaktur.

Materi ini merupakan kelanjutan logis dari kemampuan pemodelan 3D Part yang telah dipelajari sebelumnya. Dalam CP pada dokumen Anda, peserta didik memang diarahkan hingga mampu membuat perancangan gambar rakitan yang kompleks menggunakan aplikasi CAD.

B. PENGANTAR

Pada Bab V, peserta didik telah mempelajari cara membuat model 3D Part menggunakan Autodesk Inventor.

Namun, dalam dunia manufaktur, sebuah produk atau mesin biasanya tidak hanya terdiri dari satu komponen.

Sebuah produk dapat tersusun dari beberapa komponen yang harus ditempatkan dan dihubungkan dengan posisi yang tepat.

Contohnya:

- poros;
- bearing;
- pulley;
- baut;
- mur;
- bracket;
- roda;
- rumah bearing.

Komponen-komponen tersebut perlu dirakit menjadi satu kesatuan.

Pada Autodesk Inventor, proses tersebut dilakukan menggunakan Assembly.

Dokumen Anda menjelaskan bahwa Assembly (.iam) digunakan untuk merakit Part yang telah dibuat menggunakan Standard atau Sheet Metal Part (.ipt) menjadi sebuah unit/assembly.

Dengan demikian, hubungan pembelajarannya adalah:

Part → Assembly → Produk/Rakitan

C. PENGERTIAN ASSEMBLY

Assembly adalah lingkungan kerja Autodesk Inventor yang digunakan untuk menggabungkan beberapa komponen atau Part menjadi satu kesatuan rakitan.

Setiap Part yang telah dibuat sebelumnya dapat ditempatkan ke dalam Assembly dan diatur posisinya berdasarkan hubungan antar-komponen.

Contoh sederhana:

PART 1

Bracket

+

PART 2

Poros

+

PART 3

Pulley

+

PART 4

Baut

↓

ASSEMBLY

↓

UNIT RAKITAN

Assembly memungkinkan peserta didik melihat bagaimana komponen-komponen yang dibuat secara terpisah dapat bekerja atau ditempatkan sebagai satu kesatuan.

D. FILE ASSEMBLY (.IAM)

Dalam Autodesk Inventor, file Assembly menggunakan ekstensi:

.iam

File ini digunakan sebagai tempat untuk menggabungkan beberapa Part.

Dokumen Anda menjelaskan bahwa:

Assembly – Assemble 2D and 3D Components (.iam)

digunakan untuk merakit komponen/Part yang telah dibuat menggunakan Standard atau Sheet Metal Part (.ipt) menjadi sebuah unit/assembly.

Perbandingan file:

Jenis File	Ekstensi	Fungsi
Part	.ipt	Membuat komponen
Assembly	.iam	Merakit beberapa komponen
Drawing	.idw/.dwg	Membuat gambar kerja

Dengan memahami perbedaan tersebut, siswa dapat mengatur file pekerjaan dengan lebih baik.

E. HUBUNGAN PART DAN ASSEMBLY

Part dan Assembly memiliki hubungan yang sangat erat.

Part

Digunakan untuk membuat komponen individual.

Contoh:

Poros.ipt

Bracket.ipt

Pulley.ipt

Assembly

Digunakan untuk menggabungkan komponen-komponen tersebut.

Contoh:

Mesin_Sederhana.iam

Sehingga:

```
BRACKET.IPT
      |
POROS.IPT
      |
PULLEY.IPT
      |
BAUT.IPT
      ↓
MESIN_SEDERHANA.IAM
```

Oleh karena itu, Assembly tidak menggantikan Part.

Assembly menggunakan Part yang telah dibuat sebelumnya untuk membentuk sebuah rakitan.

F. KONSEP PERAKITAN KOMPONEN

Dalam proses Assembly, setiap komponen harus memiliki:

1. Posisi
2. Orientasi
3. Hubungan dengan komponen lain

Sebagai contoh, sebuah poros yang dipasang pada lubang bearing harus:

- berada pada posisi yang tepat;
- memiliki arah yang sesuai;
- memiliki hubungan geometris dengan bearing.

Jika hubungan tersebut tidak tepat, maka rakitan tidak sesuai dengan desain.

G. KOMPONEN PADA ASSEMBLY

Sebuah Assembly dapat terdiri dari beberapa jenis komponen.

Contohnya:

1. Komponen utama

Komponen yang menjadi dasar rakitan.

Contoh:

Bracket atau housing.

2. Komponen bergerak

Komponen yang memiliki kemungkinan bergerak terhadap komponen lain.

Contoh:

Poros atau roda.

3. Komponen pengikat

Digunakan untuk menghubungkan komponen.

Contoh:

- baut;
- mur;
- pin.

4. Komponen pendukung

Contohnya:

- bearing;
- spacer;
- washer.

H. MEMBUAT FILE ASSEMBLY BARU

Secara umum, langkah membuat Assembly adalah:

Langkah 1

Buka Autodesk Inventor.

Langkah 2

Pilih:

New → Assembly

Langkah 3

Pilih template Assembly yang sesuai.

Untuk pembelajaran dasar dapat menggunakan:

Standard.iam

Dalam dokumen Anda, Standard.iam dijelaskan sebagai template yang digunakan untuk merakit komponen-komponen menjadi sebuah unit/assembly yang utuh.

I. MENEMPATKAN KOMPONEN KE DALAM ASSEMBLY

Setelah file Assembly dibuat, komponen yang telah dibuat pada Bab V dapat dimasukkan.

Contoh:

```
Assembly
   │
   ├── Bracket.ipt
   ├── Poros.ipt
   ├── Bearing.ipt
   └── Pulley.ipt
```

Secara umum prosesnya:

Assembly Baru

↓

Place Component

↓

Pilih file Part

↓

Tempatkan pada area kerja

↓

Tambahkan komponen berikutnya

J. KOMPONEN PERTAMA SEBAGAI DASAR RAKITAN

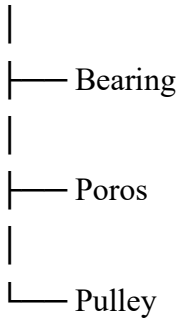
Dalam membuat Assembly, salah satu komponen biasanya dijadikan sebagai dasar/acuan.

Contohnya:

Bracket dijadikan sebagai komponen dasar.

Kemudian komponen lain ditempatkan terhadap bracket:

BRACKET



Pemilihan komponen dasar perlu dipikirkan berdasarkan desain rakitan.

Komponen dasar sebaiknya merupakan bagian yang relatif tetap atau menjadi tempat komponen lain dipasang.

K. HUBUNGAN ANTAR-KOMPONEN

Setelah komponen ditempatkan, posisi masing-masing komponen perlu diatur.

Hubungan tersebut dapat ditentukan menggunakan fitur constraint/joint yang tersedia pada lingkungan Assembly.

Tujuannya adalah menentukan bagaimana satu komponen berhubungan dengan komponen lainnya.

Contoh:

Poros terhadap lubang

Poros harus berada pada sumbu lubang.

Bearing terhadap housing

Bearing harus berada pada posisi yang tepat di dalam housing.

Pulley terhadap poros

Pulley harus berada pada posisi dan arah yang sesuai terhadap poros.

L. CONTOH HUBUNGAN GEOMETRIS PADA ASSEMBLY

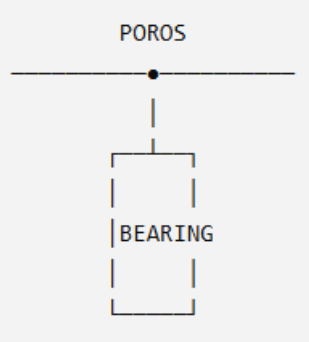
Misalnya terdapat:

Poros + Bearing

Hubungan keduanya harus memperhatikan:

- sumbu;
- posisi;
- arah;
- jarak.

Secara sederhana:



Poros harus berada pada pusat bearing agar rakitan sesuai dengan rancangan.

M. JOINT DAN CONSTRAINT

Dalam proses perakitan, hubungan antar-komponen digunakan untuk mengontrol posisi dan gerakan.

Secara konsep:

Constraint/Joint = aturan hubungan antar-komponen

Contohnya:

- komponen harus sejajar;
- komponen harus konsentris;
- komponen harus berhadapan;
- komponen harus berada pada posisi tertentu.

Peserta didik perlu memahami bahwa perakitan bukan sekadar menempatkan komponen secara visual, tetapi harus memastikan hubungan geometris antar-komponen sesuai rancangan.

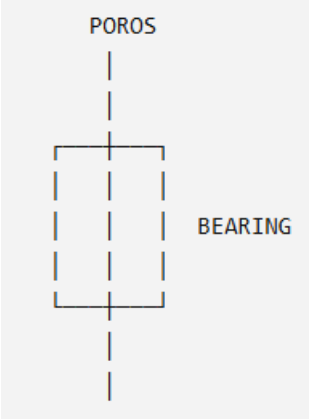
N. CONCENTRIC / HUBUNGAN SUMBU

Salah satu hubungan penting dalam Assembly adalah hubungan konsentris.

Contoh penerapan:

Poros dengan lubang bearing.

Keduanya harus memiliki sumbu yang sama.



Hubungan ini sangat penting pada komponen yang berputar.

O. MATE / HUBUNGAN PERMUKAAN

Dalam perakitan, permukaan tertentu dapat dibuat saling berhadapan atau bersentuhan sesuai kebutuhan desain.

Contohnya:

Permukaan bracket dengan permukaan bearing.

Tujuannya agar komponen tidak berada pada posisi yang salah.

P. POLA PERAKITAN

Dalam membuat Assembly, peserta didik sebaiknya tidak memasukkan komponen secara

sembarangan.

Gunakan urutan:

1. Tentukan komponen dasar

↓

2. Tempatkan komponen utama

↓

3. Tentukan hubungan antar-komponen

↓

4. Tambahkan komponen berikutnya

↓

5. Periksa posisi dan orientasi

↓

6. Uji gerakan jika diperlukan

↓

7. Simpan Assembly

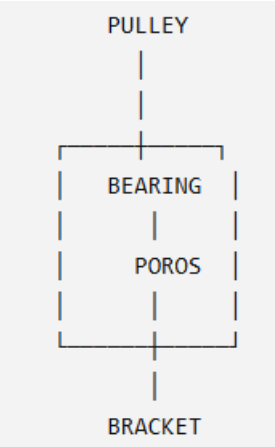
Q. CONTOH ASSEMBLY SEDERHANA

Sebagai latihan, peserta didik dapat membuat Rakitan Poros dan Bearing Sederhana.

Komponen yang diperlukan:

1. Bracket/Housing
2. Bearing
3. Poros
4. Pulley
5. Baut

Struktur rakitannya:



Tahapan:

1. Buat Assembly baru

→ Standard.iam

2. Masukkan Bracket

→ sebagai komponen dasar.

3. Masukkan Bearing

→ tempatkan pada housing.

4. Masukkan Poros

→ tempatkan pada pusat bearing.

5. Masukkan Pulley

→ tempatkan pada poros.

6. Tambahkan Baut

→ tempatkan sesuai posisi lubang.

7. Atur hubungan antar-komponen

→ gunakan constraint/joint yang sesuai.

8. Periksa rakitan

→ pastikan semua komponen berada pada posisi yang benar.

R. PEMERIKSAAN ASSEMBLY

Setelah semua komponen dirakit, lakukan pemeriksaan.

Periksa:

1. Posisi

Apakah komponen berada pada posisi yang benar?

2. Orientasi

Apakah arah komponen sudah benar?

3. Hubungan

Apakah komponen telah memiliki hubungan yang tepat?

4. Benturan

Apakah terdapat komponen yang saling bertabrakan?

5. Gerakan

Apakah komponen yang seharusnya bergerak dapat bergerak?

6. Kelengkapan

Apakah semua komponen telah dimasukkan?

S. KESALAHAN YANG SERING TERJADI

1. Komponen salah posisi

Komponen ditempatkan secara visual tetapi belum memiliki hubungan yang benar.

Solusi: gunakan constraint/joint yang sesuai.

2. Komponen terbalik

Komponen sudah berada di lokasi yang benar tetapi orientasinya salah.

Solusi: periksa arah dan orientasi komponen.

3. Sumbu tidak sejajar

Misalnya poros tidak tepat berada pada pusat bearing.

Solusi: gunakan hubungan konsentris/sumbu yang sesuai.

4. Terjadi benturan

Dua komponen saling menembus.

Solusi: periksa posisi, ukuran, dan hubungan antar-komponen.

5. File Part tidak ditemukan

Assembly menggunakan referensi terhadap file Part.

Karena itu, file Part harus disimpan dengan struktur folder yang rapi.

Contoh:

```
PROJECT_ASSEMBLY
│
├── Assembly
│   └── Rakitan_Poros.iam
│
└── Part
    ├── Bracket.ipt
    ├── Poros.ipt
    ├── Bearing.ipt
    └── Pulley.ipt
```

T. PENGELOLAAN FILE ASSEMBLY

Pengelolaan file sangat penting dalam pekerjaan CAD.

Gunakan nama file yang jelas.

Contoh:

Bracket_XI_TPM.ipt

Poros_XI_TPM.ipt

Pulley_XI_TPM.ipt

Assembly_Poros_Bearing_XI_TPM.iam

Hindari nama seperti:

New Part1.ipt

New Part2.ipt

coba.ipt

coba_fix_baru.ipt

karena dapat menyulitkan pengelolaan proyek.

U. ASSEMBLY DALAM DUNIA INDUSTRI

Dalam dunia manufaktur, produk biasanya terdiri dari beberapa komponen.

Contohnya:

- mesin;
- gearbox;
- pompa;
- sistem transmisi;
- fixture;
- jig;
- alat bantu produksi.

Masing-masing komponen dapat dirancang sebagai Part kemudian digabungkan menjadi Assembly.

Dengan demikian, proses CAD dapat digambarkan:

PERANCANGAN KOMPONEN

↓

PART (.IPT)

↓

PEMERIKSAAN KOMPONEN

↓

ASSEMBLY (.IAM)

↓

PEMERIKSAAN RAKITAN

↓

DRAWING

↓

PRODUKSI

V. HUBUNGAN ASSEMBLY DENGAN DRAWING

Setelah Assembly selesai, tahap berikutnya dapat diarahkan pada pembuatan Drawing/Gambar Kerja.

Hubungannya:

Part

→ membuat komponen

Assembly

→ merakit komponen

Drawing

→ mendokumentasikan rancangan dalam bentuk gambar kerja.

Dokumen Anda juga membedakan template Drawing – Create an Annotated Document sebagai lingkungan untuk membuat gambar kerja/dokumentasi dari desain.

Sehingga alurnya menjadi:

2D Sketch → 3D Part → Assembly → Drawing

Ini merupakan alur yang sangat baik untuk pembelajaran Gambar Teknik Manufaktur berbasis Autodesk Inventor.

W. CONTOH PROYEK SEDERHANA

Proyek: Rakitan Poros dan Bearing

Komponen:

No.	Komponen	File
1	Bracket	.ipt
2	Poros	.ipt
3	Bearing	.ipt
4	Pulley	.ipt
5	Baut	.ipt

Tugas peserta didik:

1. Membuka file Assembly baru.
2. Memasukkan semua komponen.
3. Menentukan komponen dasar.
4. Menempatkan bearing.
5. Menempatkan poros.
6. Menempatkan pulley.
7. Menempatkan baut.

8. Memberikan hubungan antar-komponen.
9. Memeriksa kesesuaian posisi.
10. Menyimpan file Assembly.

Produk akhir:

Satu file Assembly (.iam) yang menunjukkan seluruh komponen telah dirakit sesuai rancangan.

X. TIPS MEMBUAT ASSEMBLY YANG BAIK

1. Buat Part terlebih dahulu

Pastikan setiap komponen telah selesai dan benar.

2. Tentukan komponen dasar

Jangan langsung memasukkan semua komponen tanpa perencanaan.

3. Gunakan hubungan geometris yang tepat

Jangan hanya mengandalkan posisi visual.

4. Periksa benturan

Pastikan tidak ada komponen yang saling bertabrakan secara tidak semestinya.

5. Gunakan nama file yang jelas

Hal ini memudahkan pengelolaan proyek.

6. Simpan secara berkala

Hindari kehilangan pekerjaan.

7. Periksa kembali sebelum membuat Drawing

Assembly harus benar sebelum digunakan sebagai dasar dokumentasi.

Y. RANGKUMAN

1. Assembly merupakan lingkungan Autodesk Inventor untuk merakit beberapa Part menjadi satu kesatuan.
2. File Assembly menggunakan ekstensi .iam.
3. File Part menggunakan ekstensi .ipt.
4. Part dibuat sebagai komponen individual.
5. Assembly menggabungkan beberapa Part.
6. Setiap komponen harus memiliki posisi dan orientasi yang sesuai.
7. Hubungan antar-komponen diatur menggunakan constraint/joint yang sesuai.
8. Komponen dasar dapat digunakan sebagai acuan dalam proses perakitan.
9. Posisi, orientasi, hubungan, benturan, dan kelengkapan komponen harus diperiksa.
10. File Assembly perlu dikelola dengan struktur folder dan nama file yang jelas.

11. Assembly merupakan tahap penting sebelum pembuatan Drawing/Gambar Kerja.

12. Alur pembelajaran Autodesk Inventor dapat dikembangkan menjadi:

2D Sketch → Geometric Constraint → 3D Part → Assembly → Drawing

Z. REFLEKSI PESERTA DIDIK

Jawablah pertanyaan berikut berdasarkan pengalaman belajar Anda.

1. Apa yang dimaksud dengan Assembly pada Autodesk Inventor?

.....

2. Apa fungsi file .iam?

.....

3. Apa perbedaan file .ipt dan .iam?

.....

4. Mengapa Part harus dibuat terlebih dahulu sebelum melakukan Assembly?

.....

5. Apa fungsi constraint/joint dalam proses Assembly?

.....

6. Mengapa posisi dan orientasi komponen harus diperhatikan?

.....

7. Apa yang terjadi apabila dua komponen saling bertabrakan?

.....

8. Komponen apa yang sebaiknya dijadikan sebagai dasar rakitan? Jelaskan alasannya.

.....

9. Apa kesulitan yang Anda alami ketika melakukan Assembly?

.....

10. Menurut Anda, mengapa kemampuan Assembly penting bagi seorang teknisi pemesinan?

.....

LAMPIRAN MATERI

BAB VII. DRAWING / GAMBAR KERJA

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

Fase / Kelas: F / XII

Alokasi Waktu : 10 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari materi Drawing / Gambar Kerja, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian Drawing pada Autodesk Inventor.
2. Menjelaskan fungsi Drawing dalam proses perancangan teknik.
3. Menjelaskan hubungan antara Part, Assembly, dan Drawing.
4. Mengenali format file Drawing pada Autodesk Inventor.
5. Membuat file Drawing baru.
6. Menempatkan tampilan (*view*) model 3D ke dalam lembar gambar.
7. Membuat beberapa tampilan objek sesuai kebutuhan gambar kerja.
8. Memberikan ukuran (*dimension*) pada gambar kerja.
9. Menambahkan informasi dan simbol yang diperlukan pada gambar teknik.
10. Mengatur tampilan gambar agar mudah dibaca.
11. Membuat gambar kerja sederhana berdasarkan model Part.
12. Membuat gambar kerja rakitan berdasarkan Assembly.
13. Memeriksa kesesuaian gambar kerja dengan model 3D.

B. PENGANTAR

Pada Bab V, peserta didik telah mempelajari Pemodelan 3D Part.

Pada Bab VI, peserta didik telah mempelajari Assembly / Perakitan Komponen.

Namun, model 3D saja belum cukup untuk kebutuhan manufaktur.

Dalam proses produksi, seorang teknisi membutuhkan gambar kerja yang memberikan informasi mengenai:

- bentuk komponen;
- ukuran;
- posisi;

- detail;
- dan informasi teknik lainnya.

Oleh karena itu, model 3D perlu dituangkan ke dalam bentuk Drawing / Engineering Drawing. Pada Autodesk Inventor, lingkungan Drawing digunakan untuk membuat gambar kerja. File Drawing menyediakan tools untuk memberikan berbagai simbol yang digunakan pada gambar teknik.

Secara sederhana:

3D Part → Drawing → Gambar Kerja → Produksi

C. PENGERTIAN DRAWING

Drawing adalah lingkungan kerja Autodesk Inventor yang digunakan untuk membuat gambar kerja atau Engineering Drawing dari model yang telah dibuat.

Drawing dapat dibuat berdasarkan:

- Part;
- Assembly.

Gambar kerja berfungsi sebagai media dokumentasi teknis yang memberikan informasi mengenai komponen atau rakitan.

Dalam Autodesk Inventor, file Drawing memiliki format:

- .idw
- .dwg

File .idw merupakan format Drawing Autodesk Inventor, sedangkan .dwg merupakan format yang umum digunakan oleh AutoCAD dan dapat dibuka pada AutoCAD.

D. FUNGSI DRAWING DALAM TEKNIK PEMESINAN

Drawing memiliki peranan penting dalam proses manufaktur.

Gambar kerja dapat digunakan sebagai acuan untuk:

1. Membaca bentuk benda

Teknisi dapat mengetahui bentuk komponen berdasarkan tampilan gambar.

2. Mengetahui ukuran

Ukuran benda dapat ditampilkan menggunakan dimension.

3. Mengetahui detail

Bagian tertentu dapat ditampilkan secara lebih jelas.

4. Dokumentasi

Drawing dapat digunakan sebagai dokumen teknis.

5. Acuan pembuatan benda

Gambar kerja dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam proses manufaktur.

E. HUBUNGAN PART, ASSEMBLY, DAN DRAWING

Ketiga lingkungan kerja tersebut memiliki hubungan yang sangat erat.

Part

Digunakan untuk membuat komponen.

.ipt

↓

Assembly

Digunakan untuk merakit beberapa komponen.

.iam

↓

Drawing

Digunakan untuk membuat gambar kerja.

.idw / .dwg

Sehingga alurnya:

PART
(.ipt)
↓
ASSEMBLY
(.iam)
↓
DRAWING
(.idw / .dwg)
↓
GAMBAR KERJA
↓
PRODUKSI

F. FORMAT FILE DRAWING

Autodesk Inventor menyediakan dua format utama yang disebutkan dalam modul Anda.

1. Drawing (.idw)

.idw merupakan format Drawing untuk Autodesk Inventor.

Format ini digunakan untuk menyimpan gambar kerja dalam lingkungan Autodesk Inventor.

2. Drawing (.dwg)

.dwg merupakan format gambar yang umum digunakan oleh AutoCAD.

Menurut materi pada file Anda, file .dwg dapat dibuka menggunakan AutoCAD, sedangkan file .idw tidak dapat dibuka langsung menggunakan AutoCAD.

G. KOMPONEN DASAR DRAWING

Dalam sebuah Drawing terdapat beberapa bagian penting yang perlu dipahami.

Secara umum, sebuah lembar gambar terdiri atas:

1. Drawing Sheet
2. Drawing View
3. Dimension
4. Annotation
5. Title Block

Masing-masing memiliki fungsi berbeda dalam menyajikan informasi teknik.

H. DRAWING SHEET

Drawing Sheet merupakan lembar kerja tempat gambar teknik ditempatkan.

Pada lembar tersebut dapat ditempatkan:

- tampilan objek;
- ukuran;
- keterangan;
- simbol;
- title block.

Sebelum membuat gambar kerja, ukuran dan orientasi lembar perlu disesuaikan dengan kebutuhan gambar.

I. DRAWING VIEW

Drawing View adalah tampilan model yang ditempatkan ke dalam lembar Drawing.

Model 3D dapat ditampilkan dalam berbagai arah pandang.

Contohnya:

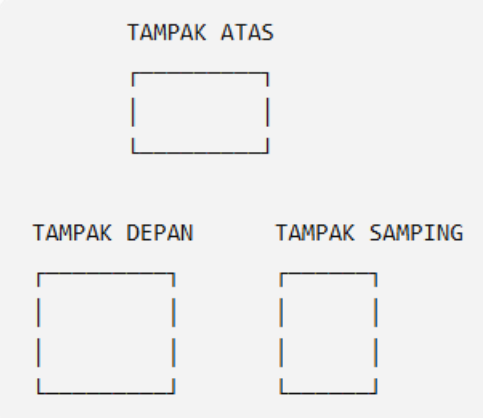
- tampak depan;
- tampak atas;
- tampak samping;

- tampak isometrik.

J. TAMPILAN ORTOGRAFIS

Dalam gambar teknik, satu objek dapat ditampilkan dari beberapa arah pandang.

Contoh:



Penggunaan beberapa tampilan membantu pembaca memahami bentuk benda secara lebih lengkap.

K. BASE VIEW

Base View merupakan tampilan awal yang digunakan sebagai dasar untuk membuat tampilan Drawing.

Secara umum:

Model 3D

↓

Base View

↓

Projected View

↓

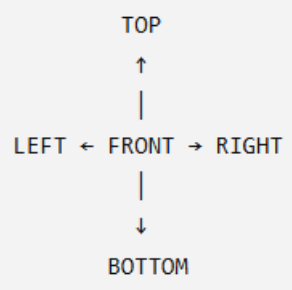
Beberapa tampilan gambar

Dengan demikian, satu tampilan awal dapat dikembangkan menjadi tampilan lain sesuai kebutuhan.

L. PROJECTED VIEW

Projected View digunakan untuk membuat tampilan yang diproyeksikan dari tampilan dasar.

Contohnya:

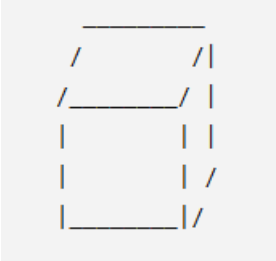


Dengan projected view, beberapa sisi objek dapat ditampilkan tanpa harus membuat model baru.

M. ISOMETRIC VIEW

Selain tampilan ortografis, model dapat ditampilkan menggunakan tampilan isometrik.

Contoh:



Tampilan isometrik membantu memberikan gambaran bentuk tiga dimensi objek secara lebih mudah dipahami.

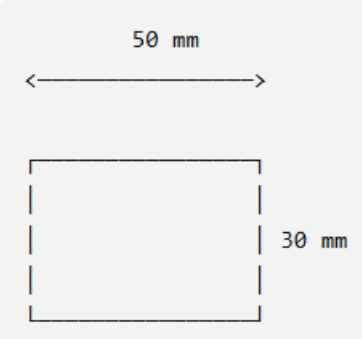
N. MEMBERIKAN DIMENSION

Salah satu fungsi penting Drawing adalah memberikan ukuran pada gambar.

Dimension dapat digunakan untuk menunjukkan:

- panjang;
- lebar;
- tinggi;
- diameter;
- radius;
- jarak;
- sudut.

Contoh:



Ukuran yang ditampilkan harus sesuai dengan ukuran model dan kebutuhan gambar kerja.

O. JENIS INFORMASI UKURAN

Beberapa informasi ukuran yang umum ditemukan pada gambar kerja antara lain:

1. Linear Dimension

Digunakan untuk menunjukkan ukuran panjang atau jarak.

Contoh:

50 mm

2. Diameter

Digunakan untuk menunjukkan ukuran diameter lingkaran atau lubang.

Contoh:

Ø20 mm

3. Radius

Digunakan untuk menunjukkan radius.

Contoh:

R5 mm

4. Angular Dimension

Digunakan untuk menunjukkan ukuran sudut.

Contoh:

45°

P. ANNOTATION

Annotation digunakan untuk memberikan informasi tambahan pada gambar.

Contohnya:

- keterangan;
- catatan;
- simbol;

- informasi teknis.

Annotation membantu pembaca memahami informasi yang tidak cukup dijelaskan hanya melalui bentuk dan ukuran.

Dalam dokumen Anda, lingkungan Drawing memang disebut memiliki tools untuk memberikan berbagai simbol pada gambar teknik.

Q. TITLE BLOCK

Title Block merupakan bagian informasi pada lembar gambar yang memberikan identitas gambar.

Informasi yang dapat dicantumkan antara lain:

- nama gambar;
- nama pembuat;
- skala;
- tanggal;
- nomor gambar;
- satuan;
- keterangan lainnya.

Contoh sederhana:

```
┌──────────────────────────────────────┐
│ NAMA GAMBAR : BRACKET                │
│ DRAWN BY    : ..................     │
│ SCALE       : 1 : 2                  │
│ DATE        : ..................     │
│ DRAWING NO. : ..................     │
└──────────────────────────────────────┘
```

R. SKALA GAMBAR

Skala menunjukkan perbandingan ukuran gambar dengan ukuran sebenarnya.

Contoh:

Skala 1 : 1

Ukuran gambar sama dengan ukuran sebenarnya.

Skala 1 : 2

Ukuran gambar lebih kecil dari ukuran sebenarnya.

Skala 2 : 1

Ukuran gambar lebih besar dari ukuran sebenarnya.

Contoh:

Jika ukuran sebenarnya adalah:

100 mm

dan digunakan skala:

1 : 2

maka ukuran yang ditampilkan pada gambar menjadi setengah dari ukuran sebenarnya.

S. MEMBUAT DRAWING DARI PART

Berikut alur umum pembuatan gambar kerja dari sebuah Part.

Langkah 1 — Membuat model Part

Pastikan model 3D telah selesai.

Langkah 2 — Membuat Drawing

Buat dokumen Drawing baru.

Langkah 3 — Menentukan Sheet

Tentukan lembar gambar yang akan digunakan.

Langkah 4 — Menempatkan Base View

Masukkan model Part ke dalam Drawing.

Langkah 5 — Menentukan arah pandang

Pilih tampilan yang sesuai.

Langkah 6 — Membuat Projected View

Buat tampilan tambahan jika diperlukan.

Langkah 7 — Memberikan Dimension

Tambahkan ukuran yang diperlukan.

Langkah 8 — Menambahkan Annotation

Berikan keterangan atau simbol yang diperlukan.

Langkah 9 — Mengisi Title Block

Lengkapi identitas gambar.

Langkah 10 — Memeriksa Drawing

Pastikan gambar mudah dibaca dan sesuai dengan model.

T. MEMBUAT DRAWING DARI ASSEMBLY

Drawing juga dapat dibuat berdasarkan Assembly.

Misalnya:

Bracket + Bearing + Poros + Pulley

telah dibuat menjadi Assembly.

Maka Assembly tersebut dapat ditampilkan dalam Drawing sebagai gambar rakitan.

Alurnya:

BRACKET.ipt

+

BEARING.ipt

+

POROS.ipt

+

PULLEY.ipt

↓

ASSEMBLY.iam

↓

DRAWING

↓

GAMBAR RAKITAN

Gambar tersebut dapat digunakan untuk memberikan gambaran mengenai hubungan antar-komponen.

U. GAMBAR DETAIL DAN GAMBAR RAKITAN

Dalam Gambar Teknik Manufaktur terdapat perbedaan antara gambar detail dan gambar rakitan.

1. Gambar Detail

Berfokus pada satu komponen.

Contoh:

Gambar detail poros.

Informasi yang ditampilkan dapat mencakup:

- bentuk;
- ukuran;
- diameter;
- panjang;
- radius;
- detail lainnya.

2. Gambar Rakitan

Menampilkan beberapa komponen yang dirakit menjadi satu unit.

Contoh:

Rakitan poros dan bearing.

Tujuannya untuk menunjukkan hubungan dan susunan komponen.

V. PEMERIKSAAN GAMBAR KERJA

Sebelum Drawing dianggap selesai, lakukan pemeriksaan.

1. Bentuk

Apakah bentuk gambar sesuai dengan model?

2. Tampilan

Apakah tampilan yang digunakan sudah cukup menjelaskan bentuk benda?

3. Ukuran

Apakah ukuran telah diberikan dengan benar?

4. Keterangan

Apakah informasi tambahan sudah lengkap?

5. Skala

Apakah skala sudah sesuai?

6. Title Block

Apakah identitas gambar sudah lengkap?

7. Kerapian

Apakah dimensi dan keterangan tidak saling bertumpuk?

W. KESALAHAN YANG SERING TERJADI

1. Terlalu sedikit tampilan

Satu tampilan belum tentu cukup untuk menjelaskan bentuk benda.

Solusi: tambahkan tampilan lain yang diperlukan.

2. Dimension tidak lengkap

Pembaca tidak dapat mengetahui ukuran penting benda.

Solusi: berikan ukuran yang diperlukan sesuai gambar kerja.

3. Dimension terlalu banyak

Gambar menjadi penuh dan sulit dibaca.

Solusi: tampilkan ukuran yang diperlukan secara teratur dan tidak berulang.

4. Salah memilih tampilan

Tampilan yang dipilih tidak menunjukkan bentuk penting benda.

Solusi: pilih arah pandang berdasarkan karakteristik komponen.

5. Skala tidak sesuai

Gambar terlalu kecil atau terlalu besar pada sheet.

Solusi: sesuaikan skala dengan ukuran objek dan lembar gambar.

6. Title Block tidak lengkap

Identitas gambar menjadi kurang jelas.

Solusi: lengkapi informasi gambar sebelum pekerjaan disimpan atau dicetak.

X. CONTOH PROYEK

Proyek: Membuat Gambar Kerja Bracket

Peserta didik telah memiliki:

Bracket.ipt

Selanjutnya dibuat Drawing.

Tahapan:

1. Buka Drawing

↓

2. Masukkan Bracket.ipt

↓

3. Buat Base View

↓

4. Buat Projected View

↓

5. Tambahkan Isometric View jika diperlukan

↓

6. Berikan Dimension

↓

7. Tambahkan keterangan

↓

8. Lengkapi Title Block

↓

9. Periksa gambar

↓

10. Simpan Drawing

Produk akhir:

Gambar kerja bracket yang memiliki tampilan, ukuran, skala, dan identitas gambar yang jelas.

Y. DRAWING DALAM DUNIA INDUSTRI

Dalam proses manufaktur, gambar kerja berfungsi sebagai media komunikasi antara pihak yang merancang dengan pihak yang mengerjakan.

Misalnya:

Designer

↓

Membuat model 3D

↓

Drawing

↓

Engineer/Technician

↓

Production

Dengan gambar kerja, informasi desain dapat dikomunikasikan secara lebih sistematis.

Hal tersebut sangat berkaitan dengan kompetensi Gambar Teknik Manufaktur pada dokumen Anda yang menargetkan kemampuan membuat gambar sederhana, gambar detail, dan gambar rakitan menggunakan teknologi CAD.

Z. HUBUNGAN DRAWING DENGAN PROSES PEMESINAN

Bagi siswa Teknik Pemesinan, kemampuan membaca dan membuat gambar kerja sangat penting.

Contohnya, ketika teknisi akan membuat sebuah poros pada mesin bubut, teknisi perlu mengetahui:

- diameter;
- panjang;
- posisi step;
- radius;
- chamfer;
- dan informasi teknis lainnya.

Informasi tersebut dapat disajikan melalui gambar kerja.

Sehingga alurnya:

DESAIN

↓

3D MODEL

↓

DRAWING

↓

MEMBACA UKURAN

↓

PROSES PEMESINAN

↓

KOMPONEN

AA. RANGKUMAN

1. Drawing merupakan lingkungan Autodesk Inventor untuk membuat gambar kerja atau *Engineering Drawing*.
2. Drawing dapat dibuat berdasarkan Part maupun Assembly.
3. Format Drawing Autodesk Inventor yang dibahas dalam modul adalah .idw dan .dwg.
4. Drawing digunakan untuk mendokumentasikan rancangan teknik.
5. Drawing View digunakan untuk menampilkan model pada lembar gambar.
6. Base View menjadi tampilan dasar dalam pembuatan Drawing.
7. Projected View digunakan untuk membuat tampilan hasil proyeksi.
8. Tampilan isometrik dapat membantu memperjelas bentuk tiga dimensi.
9. Dimension digunakan untuk memberikan informasi ukuran.
10. Annotation digunakan untuk memberikan keterangan dan informasi tambahan.
11. Title Block digunakan untuk memberikan identitas gambar.
12. Skala menunjukkan perbandingan ukuran gambar dengan ukuran sebenarnya.
13. Gambar detail berfokus pada satu komponen.
14. Gambar rakitan menunjukkan beberapa komponen yang telah dirakit.
15. Drawing merupakan bagian penting dari alur:

2D Sketch → 3D Part → Assembly → Drawing → Produksi

AB. REFLEKSI PESERTA DIDIK

Jawablah pertanyaan berikut berdasarkan pengalaman belajar Anda.

1. Apa yang dimaksud dengan Drawing pada Autodesk Inventor?

.....

2. Apa fungsi Drawing dalam proses manufaktur?

.....

3. Apa perbedaan Part, Assembly, dan Drawing?

.....

4. Apa fungsi Base View?

.....

5. Apa fungsi Projected View?

.....

6. Mengapa sebuah benda terkadang membutuhkan lebih dari satu tampilan?

.....

7. Apa fungsi Dimension dalam gambar kerja?

.....

8. Apa fungsi Title Block?

.....

9. Apa perbedaan gambar detail dan gambar rakitan?

.....

10. Menurut Anda, mengapa kemampuan membuat Drawing penting bagi siswa Teknik Pemesinan?

.....

AC. PROYEK MINI

"Dari Model 3D Menjadi Gambar Kerja"

Tugas

Gunakan salah satu model Part (.ipt) yang telah dibuat pada Bab V.

Buatlah Drawing (.idw) dengan ketentuan:

1. Memuat minimal satu Base View.
2. Memuat minimal dua tampilan tambahan yang diperlukan.
3. Memuat ukuran utama benda.
4. Memuat skala.
5. Memuat Title Block.
6. Memuat nama komponen.
7. Gambar harus rapi dan mudah dibaca.
8. Model Drawing harus sesuai dengan model 3D.

Produk akhir:

1 lembar Gambar Kerja komponen berdasarkan model 3D Autodesk Inventor.

LAMPIRAN MATERI

BAB VIII. PROYEK TERINTEGRASI AUTODESK INVENTOR

Elemen: Gambar Teknik Manufaktur

Fase / Kelas: F / XII

Alokasi Waktu : 5 JP

Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan

Aplikasi: Autodesk Inventor

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah menyelesaikan proyek pada bab ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menganalisis gambar atau desain komponen sederhana.
2. Menentukan tahapan pemodelan yang sesuai.
3. Membuat 2D Sketch berdasarkan ukuran yang diberikan.
4. Menerapkan Geometric Constraint dan Dimension.
5. Mengubah Sketch menjadi model 3D Part.
6. Mengembangkan beberapa Part menjadi sebuah Assembly.
7. Membuat Drawing/Gambar Kerja berdasarkan Part atau Assembly.
8. Memeriksa kesesuaian model dengan gambar acuan.
9. Melakukan revisi apabila ditemukan kesalahan.
10. Menyimpan dan mengelola file proyek secara sistematis.
11. Mempresentasikan hasil proyek menggunakan istilah teknik yang sesuai.
12. Menunjukkan sikap teliti, mandiri, bertanggung jawab, dan mampu memecahkan masalah selama proses pemodelan.

B. PENGANTAR

Pada bab-bab sebelumnya, peserta didik telah mempelajari Autodesk Inventor secara bertahap. Mulai dari mengenal lingkungan kerja, membuat Sketch 2D, mengatur Plane, menerapkan Geometric Constraint, membuat model 3D Part, merakit komponen, hingga membuat Drawing. Pada bab terakhir ini, seluruh kemampuan tersebut digabungkan dalam sebuah proyek terintegrasi.

Proyek ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bekerja seperti seorang perancang atau teknisi CAD.

Peserta didik tidak hanya mengikuti langkah penggunaan tools, tetapi harus:

menganalisis → merancang → membuat → memeriksa → memperbaiki → mendokumentasikan → mempresentasikan

C. KONSEP PROYEK TERINTEGRASI

Proyek terintegrasi merupakan kegiatan yang menggabungkan beberapa kompetensi Autodesk Inventor dalam satu pekerjaan.

Alur proyek:

ANALISIS GAMBAR
↓
2D SKETCH
↓
CONSTRAINT + DIMENSION
↓
3D PART
↓
ASSEMBLY
↓
DRAWING
↓
PEMERIKSAAN
↓
REVISI
↓
PRESENTASI

Dengan alur tersebut, peserta didik dapat melihat hubungan antara setiap materi yang telah dipelajari.

D. TEMA PROYEK

"Merancang Komponen dan Rakitan Sederhana Menggunakan Autodesk Inventor"

Peserta didik membuat sebuah produk atau rakitan sederhana yang terdiri atas beberapa komponen.

Contoh produk yang dapat dipilih:

- bracket;
- dudukan motor sederhana;

- rakitan poros dan bearing;
- pulley sederhana;
- ragum mini;
- roda dan poros;
- jig sederhana;
- fixture sederhana;
- mekanisme sederhana lainnya.

Pemilihan proyek dapat disesuaikan dengan tingkat kemampuan peserta didik dan fasilitas pembelajaran.

E. HASIL AKHIR PROYEK

Setiap peserta didik atau kelompok menghasilkan:

1. Sketch 2D

File Sketch sebagai dasar pemodelan.

2. Model 3D Part

Minimal beberapa komponen yang diperlukan.

3. Assembly

Gabungan Part menjadi satu rakitan.

4. Drawing

Gambar kerja dari komponen atau rakitan.

5. Dokumentasi

Dokumentasi proses pengerjaan.

6. Presentasi

Penjelasan mengenai proses dan hasil proyek.

F. TAHAP 1 — ANALISIS KEBUTUHAN

Sebelum membuka Autodesk Inventor, peserta didik harus memahami terlebih dahulu benda yang akan dibuat.

Pertanyaan yang perlu dijawab:

1. Apa nama benda yang akan dibuat?
2. Apa fungsi benda tersebut?
3. Terdiri dari berapa komponen?
4. Komponen apa saja yang diperlukan?
5. Bagaimana hubungan antar-komponen?

6. Ukuran apa saja yang diketahui?
7. Bagian mana yang perlu dibuat menggunakan Sketch?
8. Feature 3D apa yang kemungkinan digunakan?
9. Apakah diperlukan Assembly?
10. Gambar kerja apa yang harus dihasilkan?

G. LEMBAR ANALISIS PROYEK

No.	Pertanyaan	Jawaban
1	Nama produk	.....
2	Fungsi produk	.....
3	Jumlah komponen	.....
4	Komponen utama	.....
5	Komponen pendukung	.....
6	Feature yang digunakan	.....
7	Jenis Assembly	.....
8	Jenis Drawing	.....
9	Perkiraan tingkat kesulitan	.....

H. TAHAP 2 — PERENCANAAN PEMODELAN

Setelah memahami benda yang akan dibuat, peserta didik menentukan strategi pemodelan.

Misalnya sebuah produk terdiri dari:

- Bracket;
- Poros;
- Bearing;
- Pulley.

Maka perencanaannya:

BRACKET

↓

2D SKETCH

↓

3D PART

↓

POROS

↓

2D SKETCH

↓

3D PART

↓

PULLEY

↓

2D SKETCH

↓

3D PART

↓

ASSEMBLY

↓

DRAWING

I. TAHAP 3 — MEMBUAT 2D SKETCH

Setiap komponen dibuat berdasarkan profil dan ukuran yang telah direncanakan.

Peserta didik harus memperhatikan:

- bentuk geometri;
- posisi;
- ukuran;
- hubungan antarobjek;
- titik pusat;
- garis acuan.

Gunakan tools Sketch yang telah dipelajari pada Bab II.

Contohnya:

- Line;
- Circle;
- Arc;
- Rectangle;

- dan geometri lainnya.

J. TAHAP 4 — MENERAPKAN GEOMETRIC CONSTRAINT

Setelah membuat geometri, peserta didik menerapkan constraint sesuai kebutuhan.

Constraint dapat digunakan untuk menjaga:

- horizontal;
- vertical;
- coincident;
- parallel;
- perpendicular;
- tangent;
- equal;
- concentric;
- fixed.

Peserta didik harus memilih constraint berdasarkan kebutuhan geometris, bukan sekadar memberikan sebanyak mungkin constraint.

K. TAHAP 5 — MEMBERIKAN DIMENSION

Setelah hubungan geometris dibuat, tentukan ukuran komponen.

Contoh:

- panjang;
- lebar;
- tinggi;
- diameter;
- radius;
- jarak;
- sudut.

Prinsipnya:

Constraint mengatur hubungan, Dimension mengatur ukuran.

Hasil yang diharapkan adalah Sketch yang terkontrol dan sesuai dengan gambar acuan.

L. TAHAP 6 — MEMBUAT MODEL 3D PART

Setelah Sketch selesai, peserta didik mengembangkan Sketch menjadi model 3D.

Feature yang dapat digunakan disesuaikan dengan bentuk benda.

Contoh:

Bentuk/Kebutuhan	Feature
Membuat solid dari profil	Extrude
Membuat bentuk putar	Revolve
Membuat lubang	Hole
Membulatkan tepi	Fillet
Membuat serongan	Chamfer
Menggandakan feature	Pattern
Mencerminkan feature	Mirror

M. TAHAP 7 — PEMERIKSAAN PART

Setelah Part selesai, lakukan pemeriksaan.

Periksa:

☐ Bentuk sesuai rancangan

☐ Ukuran sesuai

☐ Lubang berada pada posisi yang benar

☐ Fillet sesuai

☐ Chamfer sesuai

☐ Tidak ada feature yang gagal

☐ Model dapat diedit

☐ Nama file sudah benar

Jika ditemukan kesalahan, lakukan revisi sebelum melanjutkan ke Assembly.

N. TAHAP 8 — MEMBUAT ASSEMBLY

Setelah semua Part selesai, buat file Assembly.

Contoh:

```
PROJECT
│
├── Bracket.ipt
├── Poros.ipt
├── Bearing.ipt
├── Pulley.ipt
│
└── Assembly.iam
```

Masukkan setiap Part ke dalam Assembly.

Tentukan:

1. Komponen dasar.
2. Posisi komponen.
3. Orientasi komponen.
4. Hubungan antar-komponen.

O. TAHAP 9 — MENGATUR HUBUNGAN ANTAR-KOMPONEN

Peserta didik menentukan hubungan antar-komponen sesuai desain.

Contoh:

Poros dan Bearing

→ hubungan sumbu/konsentris.

Bearing dan Housing

→ posisi harus sesuai tempat dudukan.

Pulley dan Poros

→ posisi dan arah harus sesuai.

Baut dan Lubang

→ posisi harus tepat terhadap lubang.

Tujuannya bukan sekadar membuat rakitan terlihat benar, tetapi memastikan hubungan antar-komponen sesuai dengan fungsi desain.

P. TAHAP 10 — PEMERIKSAAN ASSEMBLY

Setelah Assembly selesai, lakukan pemeriksaan:

☐ Semua Part telah dimasukkan

☐ Posisi komponen benar

☐ Orientasi komponen benar

☐ Hubungan antar-komponen benar

☐ Tidak terjadi benturan yang tidak seharusnya

☐ Komponen bergerak sesuai kebutuhan

☐ Nama file sudah benar

☐ Assembly dapat dibuka kembali

Q. TAHAP 11 — MEMBUAT DRAWING

Setelah Assembly atau Part selesai, buat gambar kerja.

Gunakan lingkungan Drawing.

Peserta didik menentukan:

- ukuran Sheet;
- tampilan utama;
- projected view;
- isometric view jika diperlukan;
- dimension;
- annotation;
- title block.

R. TAHAP 12 — MENYUSUN GAMBAR KERJA

Gambar kerja harus mampu memberikan informasi yang cukup kepada pembaca.

Perhatikan:

Tampilan

Pilih tampilan yang paling jelas.

Ukuran

Berikan ukuran penting.

Skala

Sesuaikan dengan ukuran benda dan Sheet.

Keterangan

Tambahkan informasi yang diperlukan.

Kerapian

Pastikan garis, dimensi, dan keterangan tidak saling bertumpuk.

S. TAHAP 13 — QUALITY CHECK

Sebelum proyek dinyatakan selesai, lakukan Quality Check.

Checklist

Sketch

☐ Geometri benar

☐ Constraint sesuai

☐ Dimension sesuai

Part

☐ Bentuk benar

☐ Ukuran benar

☐ Feature benar

Assembly

☐ Semua komponen lengkap

☐ Posisi benar

☐ Hubungan benar

☐ Tidak ada benturan yang tidak semestinya

Drawing

☐ Tampilan lengkap

☐ Dimension cukup

☐ Skala benar

☐ Title Block lengkap

☐ Gambar rapi

T. TAHAP 14 — REVISI

Apabila ditemukan kesalahan, peserta didik melakukan revisi.

Contoh:

Kesalahan pada Drawing

↓

Periksa Drawing

↓

Jika masalah berasal dari Part

↓

Kembali ke Part

↓

Perbaiki Feature

↓

Periksa Assembly

↓

Perbarui Drawing

Dengan demikian siswa belajar bahwa proses CAD bersifat iteratif.

Tidak selalu langsung benar pada percobaan pertama.

U. TAHAP 15 — DOKUMENTASI PROYEK

Peserta didik mendokumentasikan proses pengerjaan.

Dokumentasi dapat berupa:

1. Foto/screenshot Sketch.
2. Foto/screenshot Constraint.
3. Model 3D Part.
4. Assembly.
5. Drawing.
6. Hasil revisi.
7. Produk akhir.

Dokumentasi tersebut dapat digunakan untuk menunjukkan perkembangan pekerjaan dari awal sampai akhir.

V. STRUKTUR FOLDER PROYEK

Agar file mudah dikelola, gunakan struktur folder seperti:

```
PROYEK_INVENTOR_NAMA
│
├── 01_SKETCH
│
├── 02_PART
│   ├── Bracket.ipt
│   ├── Poros.ipt
│   └── Pulley.ipt
│
├── 03_ASSEMBLY
│   └── Rakitan.iam
│
├── 04_DRAWING
│   └── Rakitan.idw
│
└── 05_DOKUMENTASI
    ├── Sketch.png
    ├── Part.png
    ├── Assembly.png
    └── Drawing.png
```

Struktur tersebut membantu peserta didik memahami pentingnya manajemen file dalam pekerjaan CAD.

W. PRESENTASI HASIL PROYEK

Setelah proyek selesai, peserta didik mempresentasikan hasilnya.

Presentasi minimal menjelaskan:

1. Nama proyek

Apa yang dibuat?

2. Fungsi produk

Produk digunakan untuk apa?

3. Komponen

Apa saja komponen yang dibuat?

4. Proses pemodelan

Bagaimana proses pembuatannya?

5. Feature

Feature apa saja yang digunakan?

6. Assembly

Bagaimana komponen dirakit?

7. Drawing

Bagaimana gambar kerja dibuat?

8. Kendala

Apa masalah yang ditemukan?

9. Solusi

Bagaimana masalah tersebut diselesaikan?

10. Hasil

Apa hasil akhir proyek?

X. CONTOH FORMAT PRESENTASI

Peserta didik dapat menggunakan urutan:

SLIDE 1

Judul Proyek

SLIDE 2

Fungsi Produk

SLIDE 3

Komponen

SLIDE 4

2D Sketch

SLIDE 5

Model 3D Part

SLIDE 6

Assembly

SLIDE 7

Drawing

SLIDE 8

Kendala dan Solusi

SLIDE 9

Hasil Akhir

SLIDE 10

Kesimpulan

Y. KENDALA YANG MUNGKIN TERJADI

Dalam proyek, peserta didik mungkin menemukan berbagai masalah.

Contohnya:

1. Sketch sulit dikontrol

Kemungkinan constraint belum sesuai.

2. Extrude gagal

Kemungkinan profil Sketch tidak sesuai atau tidak membentuk area yang dapat digunakan.

3. Feature gagal

Kemungkinan ukuran atau geometri tidak memungkinkan feature dibuat.

4. Komponen sulit dirakit

Kemungkinan hubungan antar-komponen belum ditentukan dengan tepat.

5. Drawing tidak sesuai

Kemungkinan terjadi perubahan pada Part atau Assembly yang belum diperiksa kembali.

Z. STRATEGI PEMECAHAN MASALAH

Gunakan pola:

Identifikasi → Analisis → Coba Solusi → Periksa → Revisi

Contoh:

Masalah: Lubang berada pada posisi yang salah.

↓

Identifikasi: Periksa Sketch.

↓

Analisis: Periksa Dimension dan Constraint.

↓

Solusi: Perbaiki ukuran/posisi.

↓

Periksa: Lihat kembali model 3D.

↓

Revisi: Perbarui Assembly dan Drawing jika diperlukan.

AA. PROYEK UTAMA

PROYEK: "RANCANG DAN DOKUMENTASIKAN KOMPONEN/Rakitan MESIN SEDERHANA"

Tugas

Buatlah satu produk atau rakitan sederhana menggunakan Autodesk Inventor dengan menerapkan materi Bab I–VII.

Ketentuan:

1. Produk memiliki minimal 2 Part.
2. Setiap Part dibuat menggunakan Sketch 2D.
3. Sketch menggunakan Constraint dan Dimension.
4. Minimal terdapat satu feature 3D.
5. Part dirakit dalam Assembly.
6. Assembly memiliki hubungan antar-komponen.
7. Dibuat Drawing dari hasil desain.
8. Gambar kerja memiliki ukuran dan informasi yang diperlukan.
9. File disimpan secara sistematis.
10. Hasil dipresentasikan.

AB. PRODUK YANG DIKUMPULKAN

Peserta didik mengumpulkan:

No.	Produk	Format
1	Sketch/Part	.ipt
2	Komponen 3D	.ipt
3	Assembly	.iam
4	Drawing	.idw/.dwg
5	Dokumentasi	.jpg/.png/.pdf
6	Presentasi	.pptx/.pdf

AC. RUBRIK PENILAIAN PROYEK

Aspek	Bobot
Analisis dan perencanaan	10%
Sketch & Constraint	15%
Pemodelan 3D Part	20%
Assembly	20%
Drawing	20%
Kerapian/manajemen file	5%
Presentasi	10%
Total	100%

AD. KRITERIA HASIL PROYEK

1. Sangat Baik

Peserta didik mampu:

- membuat Sketch dengan tepat;
- menggunakan Constraint dengan benar;
- membuat Part sesuai ukuran;
- membuat Assembly dengan hubungan yang tepat;
- membuat Drawing lengkap;
- melakukan revisi secara mandiri;
- menjelaskan proses dengan baik.

2. Baik

Peserta didik mampu menyelesaikan sebagian besar proyek dengan sedikit kesalahan dan masih memerlukan arahan pada beberapa bagian.

3. Cukup

Peserta didik mampu menghasilkan model dasar tetapi masih memerlukan bantuan dalam Constraint, Part, Assembly, atau Drawing.

4. Perlu Bimbingan

Peserta didik belum mampu menyelesaikan tahapan utama proyek dan memerlukan pendampingan intensif.

AE. REFLEKSI PROYEK

Setelah menyelesaikan proyek, jawablah pertanyaan berikut.

1. Bagian proyek mana yang paling mudah bagi Anda?

.....

2. Bagian mana yang paling sulit?

.....

3. Constraint apa yang paling sering Anda gunakan?

.....

4. Feature 3D apa yang paling banyak digunakan?

.....

5. Apa masalah terbesar yang Anda temui saat membuat Assembly?

.....

6. Apa masalah terbesar saat membuat Drawing?

.....

7. Bagaimana Anda menyelesaikan masalah tersebut?

.....

8. Apa perubahan yang Anda lakukan setelah melakukan pemeriksaan?

.....

9. Apa keterampilan Autodesk Inventor yang paling berkembang setelah menyelesaikan proyek?

.....

10. Jika proyek ini dikerjakan kembali, apa yang akan Anda perbaiki?

.....

AF. KESIMPULAN

Melalui proyek terintegrasi ini, peserta didik menerapkan seluruh tahapan dasar penggunaan Autodesk Inventor dalam konteks Gambar Teknik Manufaktur.

Proses tersebut dimulai dari:

Menganalisis gambar

↓

Membuat 2D Sketch

↓

Memberikan Constraint dan Dimension

↓

Membuat 3D Part

↓

Merakit Part menjadi Assembly

↓

Membuat Drawing

↓

Memeriksa dan merevisi

↓

Mempresentasikan hasil

Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada kemampuan menggunakan menu atau tools Autodesk Inventor, tetapi juga pada kemampuan berpikir sistematis dalam menyelesaikan masalah perancangan teknik.

AG. PENUTUP MODUL

Penguasaan Autodesk Inventor merupakan salah satu keterampilan yang dapat mendukung peserta didik Teknik Pemesinan dalam memahami proses perancangan komponen dan rakitan. Melalui pembelajaran yang dimulai dari Sketch hingga Drawing, peserta didik belajar bahwa sebuah produk tidak dibuat secara langsung, tetapi melalui proses:

Perencanaan → Pemodelan → Perakitan → Dokumentasi → Evaluasi

Kemampuan tersebut diharapkan dapat menjadi dasar bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan CAD yang lebih kompleks dan menerapkannya dalam pembelajaran maupun dunia kerja.