MODUL AJAR
GAMBAR TEKNIK MANUFAKTUR
Konstruksi Geometris dan Proyeksi Ortogonal

Media Pembelajaran Berbasis Web dengan Visualisasi Model 3D FreeCAD

A. Informasi Umum

Komponen	Keterangan
Penyusun	Muhammad Rifqi (NIM 5223321001), Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Medan, bersama guru mata pelajaran
Satuan pendidikan	SMK Negeri 1 Lubuk Pakam
Program keahlian	Teknik Mesin, konsentrasi Teknik Pemesinan
Mata pelajaran	Gambar Teknik Manufaktur (GTM)
Kelas / fase	XI TP-2 / Fase F
Tahun pelajaran	2026/2027, semester gasal
Alokasi waktu	2 pertemuan, masing-masing 3 JP x 45 menit (seluruhnya 6 JP); kegiatan berlangsung dalam jam pelajaran GTM yang ada sehingga tidak menambah beban guru maupun siswa
Materi pokok	Standar gambar teknik (jenis garis, kertas, skala, dan etiket), konstruksi geometris, proyeksi ortogonal sudut pertama dan pandangan, ukuran (dimensi), serta visualisasi gambar dua dimensi ke tiga dimensi
Model pembelajaran	Project Based Learning (PjBL) dengan demonstrasi FreeCAD dan belajar mandiri melalui media web
Kompetensi awal	Siswa mengenal alat gambar, jenis garis, dan satuan ukuran dasar
Dimensi profil lulusan	Bernalar kritis, mandiri, dan kreatif
Sarana dan prasarana	Satu laptop peneliti dengan FreeCAD dan proyektor, telepon pintar siswa, jaringan internet, serta lembar cetak sebagai cadangan
Target peserta didik	Siswa reguler kelas XI TP-2; 34 siswa
Media utama	Media pembelajaran berbasis web dengan visualisasi model 3D FreeCAD (https://www.freecadwithar.web.id)

B. Komponen Inti

1. Tujuan Pembelajaran

1. Mengenali jenis garis gambar teknik dan menentukan fungsinya.
2. Menerapkan kaidah konstruksi geometris (membagi garis, garis tegak lurus, lingkaran, segi enam, garis singgung).

3. Menentukan pandangan depan, atas, dan samping menurut proyeksi sudut pertama (Sistem Eropa) serta menganalisis kesesuaian antarpandangan.
4. Menerapkan aturan pemberian ukuran menurut standar ISO dan memeriksa kelengkapan etiket gambar.

2. Pemahaman Bermakna

Gambar teknik adalah bahasa komunikasi antara perancang dan pelaksana produksi. Kemampuan membaca proyeksi dua dimensi dan membayangkannya sebagai benda tiga dimensi menentukan ketepatan pembuatan benda kerja di bengkel. Kesalahan membaca gambar kerja dapat berujung pada produk yang gagal dan kerugian material, karena itu kaidah garis, proyeksi, ukuran, dan etiket harus dikuasai sejak di bangku sekolah.

3. Pertanyaan Pemantik

1. Apa yang terjadi jika pekerja bengkel salah membaca gambar kerja?
2. Bagaimana benda tiga dimensi dapat digambarkan pada kertas dua dimensi?
3. Mengapa satu pandangan saja tidak cukup untuk menjelaskan sebuah benda?

4. Persiapan Pembelajaran

1. Guru dan peneliti memastikan situs media (https://www.freecadwithar.web.id) dapat dibuka dari jaringan sekolah dan model tiga dimensi FreeCAD siap ditampilkan. Halaman yang sudah dibuka sekali tersimpan di telepon pintar sehingga tetap dapat dibuka ketika sinyal lemah.
2. Pretest, posttest, angket respons siswa, dan angket kepraktisan guru disiapkan pada menu Tugas di situs media. Lembar soal dan angket cetak disiapkan sebagai cadangan bila jaringan bermasalah.
3. Siswa menyiapkan telepon pintar dan kuota internet, lalu masuk ke situs melalui Masuk Cepat (kelas, nama, dan PIN empat angka) atau akun Google.
4. Setiap siswa memakai nama sesuai daftar hadir agar skor pretest dan posttest siswa yang sama dapat dipasangkan.

5. Kegiatan Pembelajaran

Pertemuan 1 (3 JP x 45 menit), 135 menit

Tahap	Kegiatan	Waktu
Pendahuluan	1. Salam, doa, dan presensi. 2. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan pertanyaan pemantik. 3. Siswa masuk ke situs media melalui telepon pintar masing-masing.	15 menit
Pretest	1. Siswa mengerjakan pretest 30 butir pilihan ganda secara mandiri melalui menu Tugas, tanpa membuka catatan dan tanpa bertanya kepada teman. 2. Kunci jawaban dan pembahasan tidak ditampilkan sampai posttest selesai.	30 menit
Inti	1. Peneliti mendemonstrasikan FreeCAD di depan kelas: membuat sketsa, membentuk benda, dan menampilkan pandangan depan, atas, dan samping. 2. Siswa mengikuti materi standar gambar teknik dan konstruksi geometris pada media, mengamati model tiga dimensi, dan mencoba tampilan augmented reality (AR) yang berjalan langsung di peramban telepon pintar. 3. Siswa mengerjakan Latihan 1 dan Latihan 2 pada LKPD (Lampiran 2), lalu memeriksa hasilnya bersama teman sebangku. 4. Guru dan peneliti membimbing siswa yang mengalami kesulitan dan memantau pemahaman sebagai asesmen formatif.	80 menit
Penutup	1. Siswa dan guru menyimpulkan materi bersama-sama. 2. Guru menyampaikan kegiatan pertemuan berikutnya. 3. Doa dan salam penutup.	10 menit

Pertemuan 2 (3 JP x 45 menit), 135 menit

Tahap	Kegiatan	Waktu
Pendahuluan	1. Salam, doa, dan presensi. 2. Apersepsi: tanya jawab singkat tentang garis dan konstruksi geometris pada pertemuan sebelumnya.	10 menit

Tahap	Kegiatan	Waktu
Inti	1. Peneliti mendemonstrasikan proyeksi ortogonal sudut pertama dan pemberian ukuran pada FreeCAD. 2. Siswa memakai Generator Proyeksi, Gambar CAD (dengan tombol Mendatar agar layar penuh mendatar), dan AR Model 3D pada media untuk mencocokkan pandangan dengan wujud benda. 3. Siswa mengerjakan Latihan 3 dan Latihan 4 pada LKPD, lalu berdiskusi dengan teman sebangku untuk memeriksa kesesuaian antarpandangan dan kelengkapan etiket. 4. Guru membimbing siswa yang mengalami kesulitan sebagai asesmen formatif.	70 menit
Posttest	1. Siswa mengerjakan posttest 30 butir yang sama dengan pretest secara mandiri melalui menu Tugas, tanpa membuka catatan dan tanpa bertanya kepada teman.	30 menit
Angket	1. Siswa mengisi angket respons siswa terhadap media (28 butir, skala 1 sampai 5) pada menu Tugas. 2. Guru mata pelajaran mengisi angket kepraktisan media (30 butir, skala 1 sampai 5) setelah mencoba media.	15 menit
Penutup	1. Siswa dan guru menyimpulkan seluruh materi bersama-sama. 2. Guru menyampaikan rencana pengayaan dan remedial. 3. Doa dan salam penutup.	10 menit

6. Asesmen

Jenis	Bentuk	Keterangan
Diagnostik	Tanya jawab lisan dan pretest 30 butir pilihan ganda (Lampiran 12 skripsi)	Mengetahui kesiapan dan kemampuan awal siswa sebelum belajar dengan media
Formatif	Observasi, LKPD, dan latihan pada media	Memantau pemahaman selama pembelajaran
Sumatif	Posttest 30 butir pilihan ganda, lima pilihan jawaban (A sampai E), butir sama dengan pretest	Dinilai dengan kunci pada Lampiran 13 skripsi; Nilai = (jumlah benar : 30) x 100
Respons siswa	Angket 28 butir, skala 1 sampai 5 (Lampiran 9 skripsi)	Mengukur respons siswa terhadap media

Jenis	Bentuk	Keterangan
Kepraktisan	Angket guru 30 butir, skala 1 sampai 5 (Lampiran 10 skripsi)	Mengukur kepraktisan media menurut guru mata pelajaran

Kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran (KKTP) mengikuti ketetapan sekolah: siswa mencapai KKTP apabila nilai akhirnya sedikitnya 78. Nilai kurang dari 78 berarti belum mencapai KKTP dan perlu pendampingan di seluruh bagian; 78 sampai 85 mencapai KKTP dengan pendampingan pada bagian yang diperlukan; 86 sampai 90 mencapai KKTP tanpa pendampingan; 91 sampai 100 mencapai KKTP dengan kebutuhan tantangan lebih. Ketuntasan klasikal ditetapkan sedikitnya 75% siswa mencapai KKTP pada posttest.

7. Pengayaan dan Remedial

1. Pengayaan: siswa yang telah mencapai KKTP mencoba latihan proyeksi lanjutan pada Galeri Latihan dan Generator Proyeksi, serta menyusun etiket lengkap pada menu Etiket Gambar Kerja.
2. Remedial: siswa yang belum mencapai KKTP membuka kembali materi dan model tiga dimensi pada media, dengan pendampingan guru pada jam pelajaran berikutnya.

8. Refleksi

Refleksi guru: apakah demonstrasi FreeCAD membantu siswa membayangkan wujud benda? Bagian materi mana yang masih sulit dipahami siswa? Apakah pembagian waktu pada kedua pertemuan sudah tepat?

Refleksi siswa: bagian mana dari media yang paling membantu dan bagian mana yang masih membingungkan?

C. Lampiran

Lampiran 1. Ringkasan Materi

1. Standar gambar teknik: garis tebal kontinu untuk garis nyata benda; garis tipis kontinu untuk garis ukur dan garis bantu; garis putus-putus untuk bagian yang tersembunyi; garis strip-titik tipis untuk sumbu benda dan sumbu lingkaran. Kertas gambar memakai seri A (misalnya A4 berukuran 210 x 297 mm). Skala 1:2 berarti gambar setengah ukuran benda asli.

2. Konstruksi geometris: membagi garis sama panjang, membuat garis tegak lurus, membagi lingkaran menjadi segi enam beraturan, dan membuat garis singgung lingkaran.
3. Proyeksi ortogonal sudut pertama (Sistem Eropa): pandangan atas digambar di bawah pandangan depan dan pandangan samping kanan digambar di kiri pandangan depan; lambang proyeksi berupa kerucut terpotong dengan ujung besar di kiri. Pandangan depan dipilih sebagai pandangan utama karena memuat bentuk benda paling banyak.
4. Ukuran (dimensi) dan etiket: satuan ukuran milimeter tanpa penulisan satuan; setiap ukuran ditulis sekali dan jelas; etiket gambar sekurang-kurangnya memuat judul gambar, skala, nama penggambar, dan satuan ukuran.
5. Visualisasi dua dimensi ke tiga dimensi: wujud benda dibayangkan dengan menggabungkan ketiga pandangan; model tiga dimensi dan tampilan AR pada media membantu mencocokkan setiap pandangan dengan bagian benda yang sebenarnya.

Ringkasan ini diperluas pada materi lengkap di media web, termasuk model tiga dimensi, tampilan AR, dan generator proyeksi otomatis.

Lampiran 2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Mengamati Garis, Konstruksi Geometris, dan Proyeksi Ortogonal

Nama	:	**Kelas**	: XI TP-2
Hari/ tanggal	:	**No. absen**	: .....

Petunjuk: kerjakan selama dan sesudah demonstrasi FreeCAD; buka media web untuk mengamati model tiga dimensi; gambar dikerjakan dengan alat gambar di kertas. Latihan 1 dan 2 dikerjakan pada pertemuan 1, Latihan 3 dan 4 pada pertemuan 2.

Latihan 1. Jenis dan Fungsi Garis

No	Jenis garis	Fungsi pada gambar kerja
1	Garis tebal kontinu	
2	Garis tipis kontinu	
3	Garis putus-putus	
4	Garis strip-titik tipis	
5	Garis bebas (zig-zag)	

Latihan 2. Konstruksi Geometris

1. Bagilah garis AB sepanjang 60 mm menjadi dua bagian sama panjang tanpa penggaris ukur, hanya dengan jangka dan penggaris. Tuliskan langkahnya.
2. Konstruksilah segi enam beraturan di dalam lingkaran berdiameter 40 mm. Berapa panjang sisi segi enam yang terbentuk?

3. Dari sebuah titik di luar lingkaran berdiameter 30 mm, buatlah dua garis singgung lingkaran. Sebutkan sifat sudut antara garis singgung dan jari-jari di titik singgung.

Latihan 3. Proyeksi Ortogonal (Sistem Eropa)

Perhatikan benda yang didemonstrasikan pada FreeCAD. Lengkapi tabel berikut, lalu gambarlah tiga pandangannya pada kotak yang disediakan.

Pertanyaan	Jawaban
Pandangan depan berbentuk ...	
Pandangan atas digambar di ... pandangan depan	
Pandangan samping kanan digambar di ... pandangan depan	

Pandangan depan	Pandangan atas	Pandangan samping

Uji hasil gambar kalian dengan Generator Proyeksi pada media web: unggah berkas model, bandingkan keluarannya dengan gambar tangan kalian, dan catat selisihnya.

Latihan 4. Ukuran dan Etiket

Komponen etiket	Isi
Judul gambar	
Skala	
Satuan ukuran	
Nama penggambar	
Tanggal gambar	

Sebuah benda dirancang dengan panjang 80 mm. Pada kertas, benda itu digambar sepanjang 40 mm. Tentukan skala gambarnya dan tuliskan alasannya.

Lampiran 3. Tes Hasil Belajar (Pretest dan Posttest)

Tes hasil belajar terdiri atas 30 butir pilihan ganda dengan lima pilihan jawaban (A sampai E) dan mencakup jenjang kognitif C1 (mengingat) sampai C4 (menganalisis). Butir yang sama dipakai sebagai pretest dan

posttest. Kisi-kisi tes terdapat pada Lampiran 11, soal pada Lampiran 12, serta kunci jawaban dan pedoman penskoran pada Lampiran 13 skripsi ini. Setiap jawaban benar bernilai 1 dan jawaban salah atau tidak dijawab bernilai 0, sehingga skor maksimal 30.

Sebaran butir menurut materi (Lampiran 11 skripsi):

Materi	Jumlah butir
Standar gambar teknik	6
Konstruksi geometris	6
Proyeksi ortogonal dan pandangan	10
Ukuran (dimensi) pada gambar	4
Visualisasi gambar dua dimensi ke tiga dimensi	4
Jumlah	**30**

Lampiran 4. Angket Respons Siswa dan Angket Kepraktisan Guru

Angket respons siswa berisi 28 butir dengan skala 1 sampai 5 terdapat pada Lampiran 9 skripsi ini dan diisi setelah posttest selesai dikerjakan. Butirnya mencakup empat aspek: kemudahan penggunaan (butir 1 sampai 5, 20, dan 21), kemanfaatan belajar (butir 6 sampai 11 dan 22 sampai 24), ketertarikan (butir 12 sampai 16, 25, dan 26), serta keterjangkauan (butir 17 sampai 19, 27, dan 28). Angket kepraktisan media menurut guru berisi 30 butir dengan skala 1 sampai 5 terdapat pada Lampiran 10 skripsi ini.

Lampiran 5. Glosarium

Istilah	Pengertian
Proyeksi ortogonal	cara menggambarkan benda tiga dimensi menjadi pandangan-pandangan dua dimensi yang saling tegak lurus; di Indonesia memakai proyeksi sudut pertama (Sistem Eropa).
Pandangan	gambaran benda yang dilihat dari satu arah tertentu: depan, atas, atau samping.
Etiket	tabel keterangan pada pojok kanan bawah kertas gambar yang memuat judul, skala, nama penggambar, dan keterangan lain.
Skala	perbandingan ukuran gambar terhadap ukuran benda asli, misalnya 1:1, 1:2, atau 2:1.
Garis nyata	garis tebal kontinu yang menggambarkan tepi benda yang terlihat langsung.
Garis sumbu	garis strip-titik tipis yang menyatakan sumbu simetri benda atau pusat lingkaran.
Augmented reality (AR)	tampilan yang menempatkan model tiga dimensi seolah-olah berada di ruang nyata melalui kamera telepon pintar.

Istilah	Pengertian
Pretest dan posttest	tes yang sama yang dikerjakan sebelum dan sesudah pembelajaran dengan media untuk melihat perubahan hasil belajar.

Lampiran 6. Daftar Pustaka

Arslan, R., Kuş, A., Emreli, D., Unver, E., & Huerta, O. (2021). Investigation of the effects of using augmented reality apps on students' learning achievement and motivation in engineering drawing courses. Bursa Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 26(3), 787–798. https://doi.org/10.17482/uumfd.912061

Baltacı, Ş., & Çetin, S. (2022). The effect of augmented reality on achievement and spatial visualization skills in technical drawing course. Journal of Learning and Teaching in Digital Age, 7(2), 250–259. https://doi.org/10.53850/joltida.1047477

Branch, R. M. (2009). Instructional design: The ADDIE approach. Boston, MA: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Litecká, J., & Mitaľová, Z. (2025). Possibilities of applying FreeCAD in teaching the technology subject. Journal of Education, Technology and Computer Science, 6(36), 165–172. https://doi.org/10.15584/jetacomps.2025.6.15

Saputra, N. A., Hamidah, I., Setiawan, A., Riza, L. S., Rachman, I., & Matsumoto, T. (2025). Technology literacy of vocational students in CAD learning materials: A study at private and public mechanical engineering vocational schools. Journal of Technical Education and Training, 17(2), 1–21. https://doi.org/10.30880/jtet.2025.1

Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.

Lubuk Pakam, ... November 2026

Mengetahui, Guru Mata Pelajaran GTM	Penyusun,
Eko Prasetyo, S.Pd. NIP.	Muhammad Rifqi NIM 5223321001