BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan kejuruan, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), memiliki peran strategis dalam menyiapkan peserta didik agar memiliki kompetensi yang selaras dengan kebutuhan dunia kerja dan industri. Salah satu mata pelajaran dasar yang menjadi fondasi kompetensi teknik adalah Dasar-Dasar Teknik Mesin, yang di dalamnya memuat materi sambungan mekanik sebagai kompetensi esensial.

Sambungan mekanik seperti sambungan baut, paku keling, dan pasak merupakan elemen penting dalam berbagai produk dan sistem teknik. Pemahaman terhadap jenis, fungsi, serta prinsip kerja sambungan mekanik sangat dibutuhkan agar peserta didik mampu menganalisis, merancang, dan menerapkan sambungan yang aman dan sesuai fungsi. Namun, dalam praktik pembelajaran, materi sambungan mekanik sering disampaikan secara teoritis dan berorientasi hafalan, sehingga peserta didik kurang memahami keterkaitannya dengan kondisi nyata di dunia industri.

Selain itu, pembelajaran teknik mesin sering menghadapi tantangan berupa rendahnya keterlibatan aktif peserta didik dan minimnya integrasi antara praktik dengan perhitungan dasar teknik. Padahal, dalam dunia kerja, seorang teknisi tidak hanya dituntut mampu merakit atau memasang sambungan, tetapi juga memahami perhitungan sederhana terkait beban, keamanan, dan efisiensi sambungan. Ketidakterpaduan antara praktik dan numerasi menyebabkan peserta didik kurang terlatih berpikir logis, analitis, dan kontekstual.

Sejalan dengan penerapan Kurikulum Merdeka, pembelajaran dituntut untuk lebih berpusat pada peserta didik, kontekstual, serta mendorong penguatan kompetensi berpikir tingkat tinggi (Higher Order Thinking Skills/HOTS). Salah satu pendekatan yang relevan adalah Project Based Learning (PjBL), yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar melalui pengalaman langsung, pemecahan masalah, dan kerja kolaboratif.

Berdasarkan kondisi tersebut, dikembangkan inovasi pembelajaran Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar. Inovasi ini mengintegrasikan kegiatan praktik pembuatan model sambungan mekanik sederhana dengan simulasi

perhitungan beban dasar yang mudah dipahami. Melalui proyek mini dan simulasi kontekstual, peserta didik diharapkan tidak hanya memahami konsep sambungan mekanik, tetapi juga mampu menerapkan perhitungan sederhana sebagai dasar pengambilan keputusan teknis.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diidentifikasi dalam pembelajaran sambungan mekanik antara lain:

1. Pembelajaran sambungan mekanik masih dominan bersifat teoritis dan kurang kontekstual.
2. Peserta didik kurang terlibat aktif dalam proses pembelajaran.
3. Integrasi antara praktik sambungan mekanik dengan perhitungan dasar masih terbatas.
4. Peserta didik belum terbiasa menganalisis keamanan dan fungsi sambungan berdasarkan beban kerja.
5. Keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah teknis peserta didik belum berkembang optimal.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam inovasi pembelajaran ini adalah:

1. Bagaimana penerapan pembelajaran sambungan mekanik berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar?
2. Bagaimana inovasi pembelajaran ini dapat meningkatkan pemahaman konsep sambungan mekanik?
3. Bagaimana integrasi proyek mini dan perhitungan dasar dapat melatih keterampilan berpikir kritis dan numerasi peserta didik?
4. Bagaimana respon dan keterlibatan peserta didik terhadap pembelajaran yang diterapkan?

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan laporan inovasi pembelajaran ini adalah:

1. Mendeskripsikan penerapan pembelajaran sambungan mekanik berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar.
2. Menyajikan inovasi pembelajaran yang mengintegrasikan praktik, numerasi, dan konteks dunia industri.
3. Meningkatkan pemahaman, keterampilan, dan sikap peserta didik dalam pembelajaran sambungan mekanik.
4. Memberikan alternatif model pembelajaran yang mudah diterapkan, efektif, dan sesuai dengan Kurikulum Merdeka.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan laporan inovasi pembelajaran ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peserta Didik
    - Meningkatkan pemahaman konsep sambungan mekanik secara aplikatif.
    - Melatih keterampilan berpikir kritis, kerja sama, dan numerasi dasar teknik.
2. Bagi Guru
    - Menjadi referensi dalam mengembangkan pembelajaran inovatif dan kontekstual.
    - Membantu guru mengintegrasikan praktik dan perhitungan dalam pembelajaran teknik.
3. Bagi Sekolah
    - Mendukung peningkatan kualitas pembelajaran kejuruan.
    - Menjadi contoh praktik baik (best practice) dalam implementasi Kurikulum Merdeka.

1.6 Waktu dan Tempat Inovasi

Inovasi pembelajaran “Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar” dilaksanakan di SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang, khususnya di ruang kelas dan bengkel teknik mesin yang digunakan untuk praktik peserta didik.

Pelaksanaan inovasi dilakukan selama 3 pertemuan, masing-masing 4 jam pelajaran (JP), yaitu:

1. Pertemuan 1: Pemberian rangsang, identifikasi masalah, dan perencanaan proyek mini.
2. Pertemuan 2: Pembuatan proyek mini dan pengujian sambungan sederhana.
3. Pertemuan 3: Simulasi perhitungan dasar, presentasi hasil proyek, diskusi, dan refleksi.

Dengan alokasi waktu tersebut, peserta didik dapat mengikuti seluruh tahapan pembelajaran dari perencanaan, praktik, hingga refleksi, sehingga inovasi ini dapat berjalan efektif dan memberikan pengalaman belajar yang menyeluruh.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KERANGKA INOVASI PEMBELAJARAN

2.1 Pembelajaran Sambungan Mekanik pada SMK

Sambungan mekanik merupakan bagian fundamental dalam bidang teknik mesin yang berfungsi untuk menghubungkan dua atau lebih komponen agar dapat bekerja secara terpadu dalam suatu sistem. Keberadaan sambungan mekanik sangat menentukan kekuatan, keandalan, serta keselamatan suatu konstruksi atau mesin. Oleh karena itu, pemahaman mengenai sambungan mekanik menjadi kompetensi dasar yang harus dikuasai oleh peserta didik Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada kompetensi keahlian bidang teknik dan rekayasa.

Dalam konteks pendidikan SMK, materi sambungan mekanik diajarkan pada mata pelajaran **Dasar-Dasar Teknik Mesin** sebagai bekal awal bagi peserta didik untuk memahami sistem perakitan, perawatan, dan perbaikan mesin. Materi ini menjadi landasan sebelum peserta didik mempelajari kompetensi lanjutan seperti perancangan mesin, pemeliharaan mekanik, dan proses manufaktur. Dengan demikian, penguasaan konsep sambungan mekanik memiliki peran strategis dalam membentuk kesiapan kerja peserta didik.

Jenis sambungan mekanik yang umum dipelajari di SMK meliputi sambungan baut, sambungan paku keling, dan sambungan pasak. Sambungan baut digunakan pada komponen yang memerlukan bongkar pasang, sambungan paku keling digunakan pada sambungan permanen tanpa pengaruh panas, sedangkan sambungan pasak berfungsi meneruskan putaran atau daya antara poros dan komponen yang terpasang. Setiap jenis sambungan memiliki karakteristik, fungsi, serta kelebihan dan keterbatasan masing-masing, sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan kebutuhan teknis, jenis beban yang bekerja, serta fungsi komponen dalam sistem mesin.

Dalam praktik industri, kesalahan dalam memilih atau merancang sambungan mekanik dapat mengakibatkan kegagalan sambungan, kerusakan komponen, bahkan membahayakan keselamatan kerja. Oleh karena itu, pembelajaran sambungan mekanik di SMK tidak cukup hanya menekankan pada pengenalan jenis sambungan, tetapi juga perlu membekali peserta didik dengan kemampuan menganalisis kondisi kerja sambungan, seperti jenis beban, jumlah pengikat, dan tingkat keamanan sambungan.

Pembelajaran sambungan mekanik juga menuntut keterampilan praktik yang memadai. Peserta didik perlu dilatih untuk merancang, merakit, dan menguji sambungan secara langsung agar memahami hubungan antara teori dan praktik. Keterampilan ini sangat penting untuk membentuk sikap kerja teliti, disiplin, dan bertanggung jawab yang dibutuhkan di dunia kerja.

Oleh karena itu, pembelajaran sambungan mekanik yang bersifat kontekstual dan aplikatif sangat diperlukan. Pembelajaran harus mampu mengaitkan konsep teoritis dengan kondisi nyata di lingkungan sekitar dan dunia industri. Melalui pendekatan yang tepat, peserta didik tidak hanya memahami konsep sambungan mekanik secara kognitif, tetapi juga mampu menerapkannya secara praktis serta menyadari pentingnya perhitungan dasar dalam menjamin keamanan dan fungsi sambungan.

2.2 Project Based Learning (PjBL) dalam Pembelajaran Kejuruan

Project Based Learning (PjBL) merupakan model pembelajaran yang menempatkan proyek sebagai inti dari proses belajar, di mana peserta didik memperoleh pengetahuan dan keterampilan melalui rangkaian kegiatan merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi suatu proyek. Proyek yang dikerjakan tidak bersifat simulatif semata, tetapi dirancang untuk merepresentasikan permasalahan nyata yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari maupun dunia kerja.

Dalam PjBL, proses pembelajaran tidak berpusat pada guru sebagai sumber utama informasi, melainkan pada peserta didik sebagai subjek aktif pembelajaran. Guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing, mengarahkan, dan memberikan umpan balik selama proses pengerjaan proyek. Dengan demikian, peserta didik dilatih untuk belajar secara mandiri, bertanggung jawab terhadap proses dan hasil belajar, serta mampu bekerja sama dalam tim.

Pada pembelajaran kejuruan, khususnya di SMK, PjBL memiliki tingkat relevansi yang tinggi karena karakteristiknya selaras dengan tujuan pendidikan vokasi. Pembelajaran kejuruan menekankan pada penguasaan keterampilan kerja, sikap profesional, serta kemampuan memecahkan masalah teknis. Melalui PjBL, peserta didik didorong untuk belajar melalui pengalaman langsung (*learning by doing*), sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih bermakna dan mudah dipahami.

Penerapan PjBL dalam pembelajaran kejuruan memberikan berbagai manfaat, antara lain melatih kerja sama, komunikasi, dan tanggung jawab peserta didik dalam menyelesaikan tugas

kelompok. Selain itu, peserta didik dilatih untuk berpikir kritis dan analitis dalam menghadapi permasalahan teknis yang muncul selama proses pengerjaan proyek. Kemampuan ini sangat dibutuhkan di dunia kerja, di mana seorang teknisi dituntut untuk mampu mengambil keputusan secara tepat berdasarkan kondisi yang dihadapi.

Lebih lanjut, PjBL menyerupai pola kerja di dunia industri yang menuntut perencanaan kerja, pelaksanaan sesuai prosedur, serta evaluasi hasil. Peserta didik dibiasakan untuk merencanakan pekerjaan sebelum praktik, melaksanakan tugas sesuai perencanaan, dan mengevaluasi hasil kerja berdasarkan kriteria tertentu. Proses ini membantu menumbuhkan sikap kerja profesional seperti disiplin, ketelitian, dan tanggung jawab.

Melalui penerapan PjBL, peserta didik tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi secara aktif membangun pengetahuan melalui proses merancang dan membuat produk. Pembelajaran menjadi lebih bermakna karena peserta didik memahami keterkaitan antara teori yang dipelajari dengan penerapannya dalam praktik. Hal ini sejalan dengan karakteristik pembelajaran vokasi yang menekankan keseimbangan antara pengetahuan, keterampilan, dan sikap kerja sebagai satu kesatuan kompetensi

2.3 Simulasi Perhitungan Dasar dalam Pembelajaran Teknik

Perhitungan dasar merupakan fondasi penting dalam pembelajaran teknik mesin karena setiap komponen dan sambungan mekanik harus dirancang untuk menahan beban tertentu agar aman dan berfungsi secara optimal. Dalam praktik industri, kegagalan perhitungan sekecil apa pun bisa berakibat pada kerusakan alat, cedera, atau kerugian material. Oleh karena itu, pemahaman terhadap prinsip dasar perhitungan teknik menjadi sangat penting sejak dini.

Namun, bagi peserta didik, perhitungan teknik sering dianggap sulit, abstrak, dan membosankan. Konsep seperti distribusi beban, tegangan, dan faktor keamanan bisa terasa teoritis tanpa adanya konteks yang nyata. Untuk mengatasi hal ini, inovasi pembelajaran melalui simulasi perhitungan dasar dapat menjadi strategi efektif. Simulasi ini menghadirkan situasi yang sederhana dan mudah dipahami, sambil tetap mencerminkan prinsip-prinsip teknik yang sebenarnya.

Simulasi ini bertujuan untuk:

1. Mengenalkan numerasi teknik secara praktis, sehingga peserta didik dapat melihat hubungan antara angka, ukuran, dan keamanan sambungan.
2. Membangun pemahaman konseptual mengenai distribusi beban, jumlah sambungan, dan pengaruh ukuran sambungan terhadap kekuatan dan stabilitas struktur.
3. Mengurangi rasa takut terhadap perhitungan dengan menyediakan model yang dapat dimanipulasi secara nyata, seperti menggunakan karton, kayu tipis, atau benang untuk menyimulasikan sambungan.

Contoh perhitungan sederhana yang dapat dilakukan dalam simulasi meliputi:

- Distribusi beban: Misalnya, jika sebuah balok menahan beban total 100 N dan memiliki 4 sambungan, peserta didik dapat menghitung bahwa setiap sambungan menahan beban sekitar 25 N, dengan asumsi distribusi merata.
- Pengaruh jumlah sambungan: Dengan menambah jumlah sambungan, beban yang diterima setiap sambungan akan berkurang, sehingga tingkat keamanan meningkat.
- Konsekuensi kesalahan perhitungan: Simulasi dapat menunjukkan bahwa jika perhitungan salah atau sambungan tidak cukup kuat, balok atau struktur simulasi akan "gagal" atau roboh, sehingga memberikan pengalaman nyata tentang pentingnya akurasi dalam teknik.

Melalui simulasi ini, peserta didik tidak hanya belajar menghitung, tetapi juga:

- Menghubungkan teori dan praktik, melihat dampak nyata dari angka pada struktur fisik.
- Mengembangkan logika teknik dan pemecahan masalah, karena mereka harus menyesuaikan jumlah atau ukuran sambungan agar struktur tetap stabil.
- Meningkatkan kesadaran keselamatan sejak dini, karena kesalahan sederhana pun bisa berakibat pada kegagalan sambungan dalam simulasi.

Dengan demikian, simulasi perhitungan dasar berperan sebagai jembatan antara praktik nyata dan logika teknik, memudahkan peserta didik memahami prinsip distribusi beban, faktor keamanan, dan perhitungan numerik sederhana sebelum masuk ke perhitungan teknik tingkat lanjut yang lebih kompleks. Strategi pembelajaran ini juga mendorong pendekatan "learning by doing", sehingga pembelajaran lebih interaktif, menarik, dan bermakna.

2.4 Integrasi Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar

Integrasi proyek mini dengan simulasi perhitungan dasar menjadi inti dari inovasi pembelajaran ini karena menggabungkan pengalaman praktik langsung dengan pengembangan kemampuan berpikir analitis. Proyek mini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menciptakan model sambungan mekanik sederhana menggunakan bahan yang mudah diakses, seperti karton, kayu tipis, benang, atau sedotan. Sedangkan simulasi perhitungan dasar memungkinkan peserta didik mengaitkan hasil praktik dengan prinsip numerasi teknik, sehingga pembelajaran tidak hanya bersifat praktis tetapi juga konseptual.

Melalui integrasi ini, peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang utuh, yang mencakup:

1. Perancangan sambungan mekanik secara sederhana:

   Peserta didik merancang sambungan sesuai spesifikasi proyek mini, misalnya menentukan jumlah titik sambungan, ukuran sambungan, atau jenis sambungan yang digunakan. Proses ini mendorong peserta didik untuk berpikir kreatif sekaligus mempertimbangkan aspek teknis seperti distribusi beban dan kekuatan sambungan.

2. Pembuatan dan perakitan model sambungan:

   Dalam tahap ini, peserta didik menerapkan desain yang telah dibuat dengan merakit model fisik. Kegiatan ini meningkatkan keterampilan motorik halus, koordinasi tangan-mata, dan pemahaman terhadap hubungan antara komponen sambungan.

3. Pengujian sederhana terhadap sambungan:

   Model yang telah dibuat diuji melalui simulasi beban ringan atau penekanan manual untuk mengevaluasi kekuatan dan kestabilan sambungan. Pengujian ini memberikan pengalaman nyata tentang bagaimana sambungan bekerja dalam kondisi tertentu, sekaligus menunjukkan konsekuensi kesalahan desain.

4. Perhitungan beban dasar yang bekerja pada sambungan:

   Peserta didik melakukan simulasi perhitungan dasar untuk mengetahui berapa besar beban yang diterima setiap sambungan. Misalnya, jika sebuah balok menahan beban total 80 N dan memiliki 4 titik sambungan, peserta didik dapat menghitung bahwa setiap sambungan menanggung beban sekitar 20 N. Proses ini mengajarkan logika

teknik, pentingnya pembagian beban merata, dan dampak ukuran serta jumlah sambungan terhadap keamanan struktur.

5. Menarik kesimpulan terkait keamanan dan fungsi sambungan:

   Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, peserta didik menganalisis apakah sambungan cukup aman, perlu penyesuaian desain, atau dapat ditingkatkan performanya. Diskusi ini melatih kemampuan berpikir kritis dan membuat peserta didik menyadari hubungan antara teori, perhitungan, dan praktik.

Pendekatan integratif ini membuat pembelajaran lebih bermakna karena peserta didik memahami bahwa perhitungan teknik bukan sekadar angka, tetapi merupakan alat penting untuk mengambil keputusan teknis yang tepat. Selain itu, metode ini:

- Mendorong peserta didik untuk belajar secara aktif dan kolaboratif, karena proyek mini biasanya dilakukan dalam kelompok.
- Menguatkan konsep learning by doing, sehingga teori dan praktik saling melengkapi.
- Mengembangkan kemampuan problem solving dan analisis sejak dini, karena peserta didik harus menyesuaikan desain dan perhitungan untuk memastikan sambungan aman dan fungsional.

Dengan kata lain, integrasi proyek mini dan simulasi perhitungan dasar menghadirkan pendekatan pembelajaran holistik, di mana peserta didik tidak hanya memahami teori, tetapi juga dapat mengaplikasikan perhitungan dalam konteks nyata, sehingga pengalaman belajar menjadi relevan, menarik, dan menumbuhkan rasa percaya diri dalam kemampuan teknik mereka.

2.5 Kerangka Inovasi Pembelajaran

Kerangka inovasi pembelajaran “Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar” dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang aktif, kontekstual, dan terintegrasi antara praktik langsung, penghitungan teknik dasar, dan refleksi konseptual. Alur pembelajaran ini disusun secara sistematis agar peserta didik tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mengaplikasikan konsep dalam situasi nyata, mengembangkan keterampilan teknis, dan membangun sikap kerja profesional.

Kerangka inovasi ini terdiri dari enam tahap utama:

1. Pemberian rangsang melalui contoh nyata sambungan mekanik di lingkungan sekitar: Tahap awal ini bertujuan untuk menarik perhatian peserta didik dan membangkitkan rasa ingin tahu. Guru dapat menunjukkan berbagai sambungan mekanik yang ada di sekitar, seperti sambungan meja, kursi, pintu, sepeda, atau peralatan teknik sederhana. Pemberian rangsang ini memfasilitasi peserta didik dalam mengenali relevansi materi dengan kehidupan sehari-hari, sehingga konsep yang diajarkan menjadi lebih nyata dan mudah dipahami.

2. Identifikasi masalah dan perencanaan proyek mini secara berkelompok:

   Peserta didik dibagi dalam kelompok kecil untuk mendiskusikan permasalahan atau tantangan yang terkait dengan sambungan mekanik sederhana. Mereka kemudian merancang proyek mini yang meliputi: jenis sambungan yang akan dibuat, jumlah dan ukuran sambungan, serta bahan yang digunakan. Tahap ini melatih kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan perencanaan sehingga peserta didik mulai memahami proses desain teknik secara praktis.

3. Pembuatan model sambungan mekanik sederhana:

   Pada tahap ini, peserta didik menerapkan desain yang telah dibuat dengan membuat model fisik sambungan menggunakan bahan sederhana seperti karton, kayu tipis, sedotan, atau benang. Aktivitas ini mendorong keterampilan motorik halus, koordinasi, dan kreativitas, serta memberikan pengalaman langsung tentang bagaimana teori diterapkan dalam praktik nyata.

4. Simulasi perhitungan dasar berdasarkan proyek yang dibuat:

   Setelah model fisik selesai dibuat, peserta didik melakukan simulasi perhitungan dasar, seperti distribusi beban pada setiap sambungan, pengaruh jumlah sambungan terhadap keamanan struktur, atau perhitungan beban maksimum yang dapat ditahan sambungan. Simulasi ini memungkinkan peserta didik untuk menghubungkan teori numerik dengan praktik fisik, serta menumbuhkan kemampuan analitis dan logika teknik.

5. Presentasi hasil proyek dan diskusi reflektif:

   Setiap kelompok mempresentasikan hasil proyek mini dan simulasi perhitungannya di depan kelas. Diskusi reflektif dilakukan untuk membahas kelebihan, kekurangan,

tantangan yang dihadapi, dan alternatif perbaikan desain sambungan. Tahap ini mendukung pengembangan keterampilan komunikasi, berpikir kritis, dan evaluasi diri, serta menanamkan pemahaman bahwa belajar teknik adalah proses iteratif yang memerlukan analisis dan perbaikan terus-menerus.

6. Refleksi dan penilaian autentik:

   Tahap akhir berupa refleksi pribadi dan kelompok mengenai proses belajar, kesulitan yang ditemui, serta pembelajaran yang diperoleh dari proyek mini dan simulasi perhitungan. Penilaian autentik dilakukan dengan mempertimbangkan produk, proses, dan sikap peserta didik, sehingga penilaian tidak hanya menilai hasil akhir, tetapi juga proses berpikir, kreativitas, dan keterampilan kerja sama.

Kerangka ini mengintegrasikan aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik secara seimbang. Dengan pendekatan ini, pembelajaran menjadi:

- Aktif, karena peserta didik terlibat langsung dalam membuat dan menguji model sambungan.
- Kontekstual, karena materi dikaitkan dengan pengalaman nyata di lingkungan sekitar peserta didik.
- Berpusat pada peserta didik, karena mereka diberi kesempatan merencanakan, mengeksekusi, dan mengevaluasi proyek secara mandiri maupun dalam kelompok.
- Terukur dalam kompetensi, karena peserta didik dilatih untuk mencapai kompetensi pengetahuan (perhitungan dasar), keterampilan (merancang dan merakit sambungan), dan sikap kerja (kerjasama, ketelitian, tanggung jawab).

Dengan demikian, kerangka inovasi ini tidak hanya menyampaikan materi teknik, tetapi juga menanamkan budaya berpikir analitis, kreatif, dan praktis sejak tahap awal pembelajaran teknik mesin, sehingga peserta didik lebih siap menghadapi tantangan pembelajaran tingkat lanjut maupun praktik industri.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI INOVASI PEMBELAJARAN

3.1 Desain Inovasi Pembelajaran

Inovasi pembelajaran yang dikembangkan berjudul “Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar”. Inovasi ini dirancang dengan tujuan utama untuk meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik, sekaligus mengintegrasikan praktik teknik dengan perhitungan dasar secara kontekstual, sehingga pembelajaran menjadi lebih nyata, relevan, dan bermakna.

Desain pembelajaran ini mengacu pada model Project Based Learning (PjBL) yang dikombinasikan dengan pendekatan kontekstual berbasis industri. PjBL dipilih karena memungkinkan peserta didik untuk belajar melalui pengalaman langsung dalam menyelesaikan proyek, mengembangkan keterampilan problem solving, dan menerapkan konsep teknis dalam situasi nyata. Sementara itu, pendekatan kontekstual industri memastikan bahwa materi yang diberikan relevan dengan kebutuhan dunia kerja dan standar praktik teknik modern.

Dalam desain ini, peserta didik diberi tantangan untuk:

1. Merancang proyek mini berupa model sambungan mekanik sederhana, misalnya sambungan baut, pasak, atau las simulasi. Desain ini mencakup penentuan jenis sambungan, jumlah titik sambungan, ukuran sambungan, serta pemilihan bahan yang sesuai. Tahap perancangan mengasah kemampuan analisis teknis, kreativitas, dan perencanaan.
2. Membuat dan merakit model sambungan berdasarkan desain yang telah direncanakan. Aktivitas ini menekankan keterampilan motorik, koordinasi tangan-mata, dan ketelitian, sekaligus memberikan pengalaman nyata tentang bagaimana teori teknik diterapkan dalam praktik.
3. Melakukan simulasi perhitungan dasar berdasarkan proyek yang dibuat, seperti distribusi beban pada sambungan, pengaruh jumlah sambungan terhadap keamanan, dan perhitungan beban maksimum yang dapat ditahan sambungan. Simulasi ini melatih

peserta didik untuk berpikir logis dan analitis, menghubungkan teori numerik dengan realitas fisik, serta memahami konsekuensi dari kesalahan perhitungan.

4. Mempresentasikan hasil proyek dan melakukan diskusi reflektif, sehingga peserta didik dapat menilai efektivitas desain, mempertimbangkan alternatif perbaikan, serta meningkatkan kemampuan komunikasi teknis dan kerja sama tim.

Pembelajaran dilaksanakan secara berkelompok untuk menumbuhkan sikap profesional yang sesuai dengan tuntutan dunia kerja, antara lain:

- Kerja sama tim, karena proyek mini memerlukan koordinasi antaranggota.
- Komunikasi teknis, karena peserta didik harus menjelaskan desain, metode perhitungan, dan hasil uji sambungan.
- Tanggung jawab, karena setiap anggota kelompok memiliki peran spesifik dalam perancangan, pembuatan, dan evaluasi proyek.

Selain itu, desain pembelajaran ini memadukan tiga ranah kompetensi secara seimbang:

- Kognitif, melalui perhitungan dasar, analisis distribusi beban, dan evaluasi keamanan sambungan.
- Psikomotorik, melalui pembuatan, perakitan, dan pengujian model sambungan.
- Afektif, melalui kerja sama kelompok, tanggung jawab, dan refleksi terhadap proses belajar.

Dengan integrasi antara praktik langsung, simulasi perhitungan, dan refleksi, inovasi ini diharapkan mampu:

- Membuat peserta didik lebih aktif dan terlibat dalam proses belajar.
- Mengembangkan pemahaman konsep teknik yang lebih mendalam sejak tahap dasar.
- Menyiapkan peserta didik untuk menghadapi tantangan pembelajaran tingkat lanjut dan praktik industri.
- Mendorong keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif.

Dengan demikian, desain inovasi ini tidak hanya menyampaikan materi teknik, tetapi juga membentuk pola pikir teknis dan profesional, sehingga peserta didik mampu mengaitkan teori,

perhitungan, dan praktik secara harmonis dalam konteks pembelajaran yang kontekstual dan aplikatif.

3.2 Subjek dan Setting Pembelajaran

Inovasi pembelajaran "Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar" diterapkan dalam konteks pendidikan kejuruan dengan karakteristik dan setting sebagai berikut:

Subjek Pembelajaran

Inovasi ini ditujukan untuk peserta didik kelas awal Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya yang mengambil mata pelajaran Dasar-Dasar Teknik Mesin. Peserta didik pada tingkat ini umumnya memiliki kemampuan teknis dasar dan sedang dalam tahap pengenalan konsep-konsep mekanik, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang:

- Aktif dan kontekstual, agar mereka dapat memahami prinsip sambungan mekanik secara nyata.
- Berbasis proyek, sehingga peserta didik dapat belajar melalui pengalaman langsung membuat model sambungan.
- Memfasilitasi berpikir analitis, melalui simulasi perhitungan dasar yang menghubungkan teori dan praktik.

Selain itu, peserta didik pada tahap ini masih membutuhkan bimbingan guru untuk memahami konsep teknis dan melakukan perhitungan, sehingga desain inovasi ini menekankan pendekatan kolaboratif melalui kerja kelompok. Hal ini juga bertujuan untuk menumbuhkan keterampilan abad 21, seperti kerja sama tim, komunikasi teknis, pemecahan masalah, dan tanggung jawab.

Setting Pembelajaran

Pembelajaran dilaksanakan di ruang kelas dan/atau bengkel sekolah, tergantung pada ketersediaan fasilitas, dengan mempertimbangkan fleksibilitas dan aksesibilitas. Setting pembelajaran ini mendukung integrasi antara teori dan praktik karena:

- Ruang kelas digunakan untuk pemberian materi, penjelasan konsep, diskusi perencanaan proyek, dan simulasi perhitungan dasar.

- Bengkel atau ruang praktik digunakan untuk pembuatan model sambungan mekanik, pengujian sambungan, serta observasi hasil proyek.

Media dan Bahan

Inovasi ini memanfaatkan bahan sederhana dan mudah diperoleh, sehingga dapat diterapkan secara luas tanpa memerlukan peralatan industri yang mahal atau kompleks. Contoh bahan yang digunakan antara lain:

- Karton atau triplek tipis untuk membuat model balok atau sambungan.
- Kayu tipis atau sedotan sebagai elemen sambungan.
- Benang, paku kertas, atau lem untuk merakit sambungan.
- Alat ukur sederhana, seperti penggaris atau timbangan mini, untuk simulasi perhitungan beban dasar.

Penggunaan bahan sederhana ini mendorong kreativitas peserta didik dalam merancang sambungan dan mengadaptasi desain sesuai dengan sumber daya yang tersedia, sekaligus membuat pembelajaran lebih praktis, aman, dan ekonomis.

Model dan Alokasi Waktu

Model pembelajaran yang digunakan adalah Project Based Learning (PjBL), di mana peserta didik diberi tantangan proyek mini untuk:

1. Merancang sambungan mekanik sederhana.
2. Membuat model fisik sambungan.
3. Melakukan simulasi perhitungan dasar.
4. Melakukan refleksi dan presentasi hasil proyek.

Alokasi waktu yang dilaksanakan adalah 3 kali pertemuan (setiap pertemuan 4 jam pelajaran), yaitu pada minggu pertama, kedua dan ketiga bulan Januari 2026 (5 Januari sampai dengan 23 Januari 2026) sehingga total waktu yang tersedia cukup untuk menyelesaikan seluruh tahap pembelajaran, mulai dari pemberian rangsang, perencanaan, pembuatan model, simulasi perhitungan, hingga refleksi dan presentasi.

Dengan pengaturan subjek, setting, bahan, dan model pembelajaran seperti ini, inovasi pembelajaran:

- Dapat diterapkan secara luas, bahkan di sekolah dengan keterbatasan peralatan.
- Menjamin keterlibatan aktif peserta didik, karena mereka terlibat langsung dalam seluruh proses.
- Mengintegrasikan teori dan praktik, sehingga peserta didik memahami konsep sambungan mekanik baik secara konseptual maupun aplikatif.
- Menyiapkan peserta didik untuk menghadapi pembelajaran lanjutan maupun praktik di dunia industri.

3.3 Langkah-Langkah Implementasi Pembelajaran

Implementasi inovasi pembelajaran "Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar" dilaksanakan melalui serangkaian tahapan sistematis yang mengintegrasikan praktik langsung, perhitungan dasar, kolaborasi, dan refleksi. Setiap tahapan dirancang untuk mendukung peserta didik agar belajar secara aktif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik, sekaligus menyiapkan mereka menghadapi tantangan teknik di dunia industri.

3.3.1 Tahap Orientasi dan Pemberian Rangsang

Guru memulai pembelajaran dengan menunjukkan contoh nyata sambungan mekanik yang terdapat pada benda di sekitar peserta didik, misalnya: sepeda motor, rangka meja, atau peralatan bengkel. Selain itu, guru dapat menampilkan gambar, diagram, atau video simulasi kegagalan sambungan, sehingga peserta didik dapat melihat secara visual konsekuensi kesalahan desain sambungan.

Melalui pertanyaan pemantik, peserta didik diajak berpikir kritis dan analitis, contohnya:

- Mengapa jenis sambungan tertentu dipilih pada bagian tertentu?
- Apa akibatnya jika ukuran atau jumlah sambungan tidak sesuai?
- Bagaimana kesalahan sambungan dapat memengaruhi keselamatan kerja atau fungsi struktur?

Tahap ini menumbuhkan rasa ingin tahu, kemampuan observasi, dan pola pikir kritis sejak awal pembelajaran, serta memberikan konteks nyata sebelum masuk ke praktik proyek mini.

3.3.2 Tahap Identifikasi Masalah dan Perencanaan Proyek

Peserta didik dibagi dalam kelompok kecil yang terdiri dari 3–4 orang untuk mendorong kerja sama dan kolaborasi. Setiap kelompok diberi tugas untuk:

1. Menentukan jenis sambungan mekanik yang akan dibuat.
2. Merancang sketsa atau diagram sederhana dari sambungan yang akan dibuat.
3. Memilih bahan yang akan digunakan dalam proyek mini, dengan mempertimbangkan ketersediaan, keamanan, dan kesesuaian desain.

Tahap ini melatih peserta didik untuk merencanakan pekerjaan secara sistematis, termasuk alur kerja, pembagian tugas, dan pemilihan bahan, sebagaimana prosedur kerja di dunia industri. Selain itu, guru memberikan bimbingan dan arahan untuk memastikan rancangan proyek sesuai dengan prinsip teknik dasar.

3.3.3 Tahap Pembuatan Proyek Mini

Setelah perencanaan selesai, peserta didik membuat model sambungan mekanik sesuai desain yang telah disusun. Guru berperan sebagai fasilitator, memberikan bimbingan teknis, tips perakitan, dan umpan balik yang bersifat konstruktif.

Setelah model selesai, dilakukan pengujian sederhana dengan memberikan beban ringan atau gaya tarik/tekan secara manual. Pengujian ini bertujuan untuk:

- Mengamati kekuatan sambungan dan kestabilan struktur.
- Menunjukkan konsekuensi nyata dari kesalahan ukuran, jumlah, atau posisi sambungan.
- Memberikan pengalaman belajar trial and error, sehingga peserta didik belajar dari kegagalan dan keberhasilan.

Tahap ini tidak hanya menekankan keterampilan teknis, tetapi juga melatih ketelitian, kesabaran, dan pemecahan masalah secara praktis.

3.3.4 Tahap Simulasi Perhitungan Dasar

Guru menjelaskan konsep perhitungan dasar secara sederhana dan aplikatif, misalnya pembagian beban total terhadap jumlah sambungan atau perhitungan distribusi gaya tarik dan

tekan. Peserta didik kemudian melakukan simulasi perhitungan numerasi dasar berdasarkan model sambungan yang mereka buat.

Selama tahap ini, peserta didik:

- Mencatat hasil perhitungan pada lembar kerja proyek.
- Menghubungkan hasil perhitungan dengan pengamatan fisik dari pengujian model.
- Menyadari keterkaitan antara praktik sambungan mekanik dan perhitungan numerik, serta dampak kesalahan perhitungan terhadap keamanan dan fungsi sambungan.

Tahap ini membantu peserta didik mengembangkan logika teknik, analisis numerik, dan keterampilan problem solving sejak tahap dasar.

3.3.5 Tahap Presentasi dan Diskusi

Setiap kelompok mempresentasikan:

1. Jenis sambungan yang dibuat.
2. Proses pembuatan proyek mini.
3. Hasil pengujian fisik dan pengamatan kekuatan sambungan.
4. Hasil simulasi perhitungan dasar dan kesimpulan teknis.

Kelompok lain memberikan tanggapan, pertanyaan, atau saran, sehingga terjadi diskusi teknis yang konstruktif. Tahap ini melatih peserta didik dalam komunikasi teknis, berpikir kritis, dan evaluasi peer-to-peer, serta menekankan bahwa pembelajaran teknik bersifat kolaboratif dan iteratif.

3.3.6 Tahap Refleksi dan Penilaian

Tahap akhir adalah refleksi dan penilaian autentik, di mana guru dan peserta didik bersama-sama mengevaluasi proses dan hasil pembelajaran. Refleksi mencakup pertanyaan seperti:

- Apa tantangan terbesar dalam merancang dan membuat sambungan?
- Bagaimana simulasi perhitungan membantu memahami kekuatan sambungan?
- Apa yang dapat diperbaiki dalam proyek berikutnya?

Penilaian dilakukan secara autentik, mencakup:

- Sikap: kerja sama, tanggung jawab, dan ketelitian.
- Pengetahuan: pemahaman konsep sambungan mekanik dan perhitungan dasar.
- Keterampilan: kemampuan merancang, merakit, menguji, dan menganalisis proyek mini.

Hasil refleksi dan penilaian digunakan sebagai umpan balik untuk perbaikan pembelajaran selanjutnya, sekaligus menanamkan budaya evaluasi diri dan pembelajaran berkelanjutan.

3.4 Teknik dan Instrumen Penilaian

Dalam inovasi pembelajaran "Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar", penilaian dirancang menggunakan pendekatan autentik. Pendekatan ini menekankan penilaian berdasarkan proses dan produk nyata, sehingga peserta didik dinilai tidak hanya dari hasil akhir, tetapi juga dari perilaku, proses berpikir, dan keterampilan yang diterapkan selama kegiatan pembelajaran.

3.4.1 Teknik Penilaian

Penilaian dilakukan dengan mengintegrasikan tiga ranah kompetensi utama, yaitu sikap, pengetahuan, dan keterampilan, melalui teknik sebagai berikut:

1. Penilaian Sikap
    - Dilakukan melalui observasi langsung terhadap peserta didik selama pelaksanaan proyek mini dan simulasi perhitungan.
    - Aspek yang diamati meliputi:
        - Kerja sama tim: kemampuan peserta didik berkolaborasi, mendengarkan pendapat anggota lain, dan membagi tugas secara adil.
        - Disiplin: keteraturan dalam mengikuti tahapan proyek, penggunaan waktu efektif, dan kepatuhan terhadap aturan keselamatan.
        - Tanggung jawab: kesungguhan peserta didik dalam menyelesaikan tugas sesuai peran masing-masing dan menjaga kualitas proyek.

- Penilaian ini menggunakan lembar observasi sikap dengan skala kualitatif, misalnya Berkembang, Cakap, dan Mahir, yang disesuaikan dengan indikator sikap yang diharapkan.

2. Penilaian Pengetahuan
    - Penilaian dilakukan untuk mengukur pemahaman peserta didik terhadap konsep sambungan mekanik dan prinsip perhitungan dasar.
    - Teknik penilaian meliputi:
        - Pertanyaan lisan saat diskusi atau presentasi proyek.
        - Kuis singkat terkait jenis sambungan, fungsi, dan distribusi beban.
        - Analisis lembar kerja simulasi perhitungan, yang menilai ketepatan logika, langkah perhitungan, dan interpretasi hasil.
    - Penilaian ini mendorong peserta didik untuk tidak sekadar menghafal, tetapi memahami keterkaitan antara konsep dan praktik.
3. Penilaian Keterampilan
    - Dilakukan melalui evaluasi produk dan proses pengerjaan proyek mini.
    - Aspek keterampilan yang dinilai meliputi:
        - Kualitas model sambungan: kekuatan, kestabilan, kesesuaian dengan desain, dan kerapian pengerjaan.
        - Ketepatan simulasi perhitungan: kemampuan menghitung distribusi beban, jumlah sambungan yang sesuai, dan analisis numerik yang akurat.
        - Kemandirian dan kreativitas dalam merancang solusi alternatif jika terjadi kegagalan sambungan.
    - Penilaian keterampilan ini dilakukan menggunakan rubrik penilaian proyek, dengan kriteria yang jelas dan skor berbasis tingkat pencapaian, misalnya mulai dari kurang, cukup, baik, hingga sangat baik.

3.4.2 Instrumen Penilaian

Instrumen yang digunakan disesuaikan dengan tujuan pembelajaran, mencakup:

- Rubrik Penilaian Proyek: digunakan untuk menilai kualitas model sambungan, ketepatan perhitungan, dan penerapan prinsip teknik. Rubrik memuat indikator, deskripsi capaian, dan skor untuk setiap aspek penilaian.
- Lembar Observasi Sikap: digunakan guru untuk mencatat perilaku peserta didik selama kegiatan proyek, seperti kerja sama, disiplin, dan tanggung jawab.
- Lembar Kerja Simulasi Perhitungan: berfungsi sebagai dokumen tertulis untuk menilai pemahaman konsep, ketepatan langkah perhitungan, dan kemampuan menganalisis hasil.
- Dokumentasi Proses dan Produk: foto atau video proyek mini, yang dapat digunakan sebagai bukti keterampilan dan capaian peserta didik.

Dengan kombinasi teknik dan instrumen ini, penilaian menjadi lebih holistik dan objektif, mencakup:

- Aspek kognitif, melalui pemahaman konsep dan kemampuan menganalisis perhitungan dasar.
- Aspek psikomotorik, melalui keterampilan merancang, merakit, dan menguji sambungan.
- Aspek afektif, melalui observasi sikap, kerja sama, dan tanggung jawab.

Pendekatan ini memastikan bahwa peserta didik dinilai secara menyeluruh, sehingga hasil penilaian dapat digunakan sebagai umpan balik untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, mendorong perbaikan proses, dan memotivasi peserta didik untuk terus mengembangkan kompetensi teknik mereka.

3.5 Indikator Keberhasilan Inovasi Pembelajaran

Inovasi pembelajaran ini dikatakan berhasil apabila:

1. Peserta didik aktif terlibat dalam seluruh tahapan pembelajaran.
2. Peserta didik mampu menjelaskan jenis dan fungsi sambungan mekanik.
3. Peserta didik mampu membuat model sambungan mekanik sederhana dengan baik.

4. Peserta didik mampu melakukan simulasi perhitungan dasar dan menarik kesimpulan sederhana.
5. Terjadi peningkatan sikap kerja sama dan tanggung jawab peserta didik.

BAB IV

HASIL IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Implementasi Pembelajaran

Implementasi inovasi pembelajaran "Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar" dilaksanakan sesuai dengan desain dan tahapan yang telah direncanakan, mulai dari pemberian rangsang, perencanaan proyek mini, pembuatan model sambungan, simulasi perhitungan dasar, hingga refleksi dan penilaian autentik. Pembelajaran berlangsung selama beberapa pertemuan dengan alokasi waktu yang cukup untuk memastikan peserta didik dapat menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan secara optimal.

Selama proses pembelajaran, peserta didik menunjukkan antusiasme yang tinggi, terutama pada tahap pembuatan proyek mini dan pengujian model sambungan. Hal ini terlihat dari:

- Partisipasi aktif dalam merancang desain sambungan, memilih bahan, dan menentukan jumlah titik sambungan.
- Keterlibatan penuh saat merakit model sambungan, bekerja sama dalam kelompok, dan memecahkan masalah yang muncul saat model gagal atau tidak stabil.
- Kreativitas peserta didik dalam mengadaptasi desain sambungan sesuai dengan bahan dan alat yang tersedia.

Jika dibandingkan dengan pembelajaran konvensional yang cenderung bersifat teoritis dan pasif, inovasi ini membuat peserta didik lebih terlibat karena mereka diberi kesempatan untuk merancang, membuat, dan menguji hasil kerja sendiri. Kegiatan ini mendorong mereka untuk berpikir kritis, reflektif, dan kreatif, serta menumbuhkan rasa tanggung jawab terhadap hasil proyek.

Tahap simulasi perhitungan dasar terbukti efektif membantu peserta didik memahami keterkaitan antara praktik sambungan mekanik dan perhitungan numerasi teknik. Peserta didik tidak hanya fokus pada bentuk atau kerapian sambungan, tetapi mulai memperhatikan aspek:

- Distribusi beban, yaitu bagaimana setiap sambungan menanggung beban tertentu.
- Keamanan sambungan, yaitu pemahaman bahwa jumlah dan ukuran sambungan memengaruhi kekuatan dan stabilitas struktur.

- Analisis konsekuensi kesalahan perhitungan, sehingga peserta didik menyadari pentingnya ketelitian dan akurasi dalam perhitungan teknik.

Hasil observasi dan dokumentasi kegiatan menunjukkan beberapa dampak positif dari implementasi inovasi ini:

1. Peningkatan motivasi belajar: peserta didik lebih antusias mengikuti pembelajaran karena kegiatan bersifat interaktif dan menantang.
2. Keterlibatan aktif dalam kelompok: peserta didik belajar bekerja sama, membagi tugas, dan saling membantu dalam proses perancangan dan pembuatan model.
3. Pengembangan keterampilan teknis dan numerasi dasar: peserta didik mampu merakit sambungan yang stabil dan melakukan perhitungan beban secara sederhana namun tepat.
4. Pemahaman konsep yang lebih mendalam: peserta didik dapat mengaitkan teori sambungan mekanik dengan praktik nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih konseptual dan aplikatif.
5. Refleksi dan kemampuan evaluasi diri: peserta didik mampu mengevaluasi desain dan hasil proyek mereka sendiri, serta memahami aspek yang perlu diperbaiki pada proyek selanjutnya.

Dengan demikian, implementasi inovasi ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar mampu meningkatkan kualitas pembelajaran teknik mesin pada tingkat dasar. Pembelajaran tidak hanya menyampaikan materi, tetapi juga membentuk sikap profesional, keterampilan analitis, kreativitas, dan kemampuan kerja sama, yang semuanya sangat relevan dengan tuntutan dunia kerja di bidang teknik.

4.2 Peningkatan Pemahaman Konsep Sambungan Mekanik

Berdasarkan hasil pengamatan dan dokumentasi selama implementasi pembelajaran, terlihat adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman peserta didik terhadap konsep sambungan mekanik. Peserta didik kini mampu membedakan jenis sambungan seperti baut, paku keling, dan pasak, serta menjelaskan karakteristik, fungsi, dan alasan pemilihannya dalam konteks kebutuhan praktis.

Beberapa indikator peningkatan pemahaman yang teramati meliputi:

1. Kemampuan analisis karakteristik sambungan
    - Peserta didik dapat menyebutkan keunggulan dan kelemahan masing-masing jenis sambungan, misalnya:
        - Baut: mudah dibongkar-pasang, cocok untuk sambungan yang memerlukan perawatan atau penggantian komponen.
        - Paku keling: kuat dan permanen, digunakan untuk sambungan yang tidak memerlukan pembongkaran.
        - Pasak: sederhana dan cepat dalam pemasangan, namun memiliki keterbatasan pada beban tertentu.
    - Peserta didik mampu menjelaskan situasi atau kondisi di mana masing-masing sambungan lebih tepat digunakan, sehingga memahami konsep pemilihan sambungan berdasarkan fungsi dan beban kerja.
2. Pemahaman fungsi sambungan dalam konteks keselamatan kerja
    - Peserta didik dapat mengaitkan jenis sambungan dengan faktor keamanan. Misalnya, mereka menyadari bahwa jumlah titik sambungan, ukuran, dan metode pemasangan memengaruhi kestabilan struktur dan mencegah kegagalan.
    - Dalam diskusi dan refleksi proyek, peserta didik menunjukkan kemampuan untuk menilai risiko sambungan dan konsekuensi kesalahan perhitungan, sehingga memahami bahwa keselamatan kerja merupakan bagian penting dari desain teknik.
3. Pemahaman konteks melalui proyek mini
    - Melalui kegiatan proyek mini, peserta didik tidak hanya menghafal teori, tetapi mengalami langsung fungsi sambungan. Mereka dapat:
        - Menunjukkan perbedaan kemudahan bongkar pasang sambungan baut dibanding paku keling atau pasak.
        - Mengobservasi pengaruh jumlah sambungan terhadap kekuatan dan kestabilan struktur.

        - Menghubungkan bentuk sambungan dengan kemudahan perawatan dan efisiensi penggunaan bahan.
    - Hal ini membuat peserta didik memahami konsep secara kontekstual, bukan sekadar teoritis, sehingga kemampuan berpikir kritis dan analitis mereka meningkat.

4. Keterampilan komunikasi teknis
    - Peserta didik mampu menjelaskan secara sistematis hasil pengamatan dan alasan pemilihan sambungan saat presentasi proyek.
    - Diskusi antarkelompok menumbuhkan kemampuan untuk memberikan argumen teknis dan menerima saran, yang mendukung pembelajaran kolaboratif.

Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar efektif meningkatkan pemahaman konsep sambungan mekanik. Peserta didik tidak hanya mengenal jenis sambungan secara formal, tetapi juga mampu mengaitkan karakteristik, fungsi, dan aspek keselamatan dalam konteks praktik nyata. Dengan demikian, pembelajaran ini berhasil menjembatani teori dan praktik, sekaligus menumbuhkan kompetensi teknis, keterampilan analitis, dan kesadaran keselamatan kerja pada peserta didik.

4.3 Dampak terhadap Keterampilan dan Sikap Peserta Didik

Implementasi pembelajaran berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar memberikan dampak positif yang signifikan terhadap keterampilan dan sikap peserta didik, baik dari sisi teknis, sosial, maupun komunikasi. Hasil observasi dan dokumentasi kegiatan menunjukkan bahwa peserta didik mengalami perkembangan yang mencakup beberapa aspek berikut:

1. Dampak terhadap keterampilan teknis dan motorik

- Keterampilan merakit dan perakitan: Peserta didik terlatih dalam proses perakitan model sambungan mekanik, termasuk menyusun bagian-bagian sambungan, memasang pasak, baut, atau paku keling mini, dan memastikan model stabil. Aktivitas ini meningkatkan ketelitian, koordinasi tangan-mata, dan kemampuan bekerja dengan presisi.

- Keterampilan perhitungan dasar: Melalui simulasi distribusi beban dan perhitungan sambungan, peserta didik mengembangkan kemampuan analisis numerik sederhana, logika teknik, serta keterampilan menghubungkan teori dengan praktik.
- Pemecahan masalah (problem solving): Saat menghadapi kegagalan sambungan atau ketidaksesuaian desain, peserta didik belajar mengidentifikasi penyebab masalah, mengevaluasi alternatif solusi, dan menerapkan perbaikan. Hal ini menumbuhkan kreativitas dan kemampuan adaptasi teknis.

2. Dampak terhadap keterampilan sosial dan kerja sama

- Kerja sama tim: Peserta didik terbiasa membagi tugas sesuai kemampuan masing-masing anggota, saling membantu, dan berkolaborasi untuk mencapai tujuan proyek.
- Tanggung jawab: Setiap anggota kelompok bertanggung jawab atas bagian proyek yang menjadi perannya, sehingga peserta didik menyadari pentingnya kontribusi individu dalam keberhasilan kelompok.
- Pengambilan keputusan kolektif: Peserta didik belajar menyepakati desain sambungan, metode perhitungan, dan strategi perbaikan secara bersama-sama, yang melatih kemampuan negosiasi dan pengambilan keputusan berbasis konsensus.

3. Dampak terhadap kemampuan komunikasi dan refleksi

- Komunikasi teknis: Kegiatan presentasi dan diskusi proyek mendorong peserta didik untuk menyampaikan ide, proses pembuatan, hasil pengujian, dan perhitungan secara runtut, logis, dan sistematis. Hal ini meningkatkan kemampuan mereka untuk menyampaikan informasi teknis dengan jelas kepada orang lain.
- Refleksi diri: Peserta didik diajak untuk mengevaluasi proses belajar, kekuatan dan kelemahan proyek, serta strategi perbaikan di masa depan. Refleksi ini membentuk kesadaran diri, kemampuan evaluasi diri, dan sikap proaktif dalam pembelajaran.

4. Dampak terhadap sikap profesional dan keselamatan kerja

- Kesadaran akan keselamatan: Peserta didik mulai memperhatikan aspek keamanan sambungan, dampak kesalahan ukuran, dan distribusi beban, sehingga membangun sikap teliti dan berhati-hati.

- Kedisiplinan: Peserta didik terbiasa mengikuti tahapan pembelajaran, memanfaatkan waktu secara efektif, dan menjaga ketertiban dalam kegiatan kelompok.
- Sikap kreatif dan inovatif: Dalam proyek mini, peserta didik terdorong untuk mencari solusi alternatif, memodifikasi desain sambungan, atau mengoptimalkan penggunaan bahan, sehingga menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif yang aplikatif.

Secara keseluruhan, implementasi inovasi ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial, komunikasi, refleksi diri, dan sikap profesional peserta didik. Pendekatan ini memberikan pengalaman belajar yang holistik, menyiapkan peserta didik untuk tantangan pembelajaran tingkat lanjut maupun praktik di dunia kerja, serta menumbuhkan sikap mandiri, bertanggung jawab, dan kritis sejak tahap awal pendidikan teknik.

4.4 Pembelajaran Numerasi melalui Simulasi Perhitungan Dasar

Simulasi perhitungan dasar menjadi salah satu aspek inovatif dan krusial dalam pembelajaran "Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar". Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk menghubungkan konsep numerasi teknik dengan praktik nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih aplikatif dan bermakna.

1. Peningkatan kemampuan numerasi teknik

Melalui simulasi perhitungan, peserta didik mampu:

- Menghitung distribusi beban pada setiap sambungan dalam proyek mini yang dibuat, misalnya beban tarik, tekan, atau kombinasi gaya sederhana.
- Menentukan jumlah sambungan yang optimal untuk menahan beban tertentu, sehingga struktur menjadi stabil dan aman.
- Menganalisis pengaruh ukuran dan posisi sambungan terhadap kekuatan struktur, sehingga memahami keterkaitan antara dimensi, jumlah sambungan, dan distribusi gaya.

Proses ini tidak hanya melatih kemampuan aritmetika dan logika matematika, tetapi juga kemampuan analisis dan interpretasi hasil perhitungan dalam konteks teknik. Peserta didik

belajar membaca angka dan hasil perhitungan sebagai informasi teknis yang mempengaruhi keputusan desain.

2. Pemahaman makna perhitungan dalam konteks praktis

Simulasi perhitungan dasar membantu peserta didik menyadari bahwa perhitungan teknik bukan sekadar aktivitas matematis, melainkan bagian penting dalam pengambilan keputusan teknis. Dengan melihat langsung hubungan antara angka, beban, dan kekuatan sambungan, peserta didik dapat:

- Memahami konsekuensi praktis dari kesalahan perhitungan, seperti sambungan yang tidak kuat atau model yang mudah runtuh.
- Mengaitkan teori numerasi dengan keselamatan kerja, sehingga kesadaran akan pentingnya ketelitian meningkat.
- Mengembangkan kemampuan membuat keputusan berbasis data, misalnya menambah jumlah sambungan atau menyesuaikan ukuran sambungan berdasarkan hasil perhitungan.

3. Pembelajaran numerasi yang kontekstual dan terintegrasi

Simulasi perhitungan dasar diintegrasikan dengan proyek mini, sehingga peserta didik tidak hanya belajar secara teoretis, tetapi langsung menerapkan angka dan konsep matematika dalam praktik nyata. Contohnya:

- Menghitung beban total yang diterima oleh sambungan dan membandingkannya dengan hasil pengujian model.
- Menganalisis apakah desain sambungan aman atau perlu diperbaiki, berdasarkan perhitungan numerik dan pengamatan fisik.
- Menyusun lembar kerja yang menghubungkan data numerik, observasi pengujian, dan kesimpulan teknis, sehingga peserta didik mengembangkan keterampilan analisis dan interpretasi data.

Pendekatan ini menumbuhkan pemikiran kritis, kemampuan problem solving, dan kesadaran akan hubungan antara angka dan praktik teknik, yang menjadi kompetensi penting di bidang teknik mesin.

4. Dampak terhadap sikap dan kemampuan peserta didik

Hasil implementasi menunjukkan bahwa peserta didik:

- Lebih teliti dan berhati-hati dalam merancang sambungan karena memahami dampak kesalahan perhitungan.
- Lebih percaya diri dalam menjelaskan hubungan antara perhitungan dan kekuatan sambungan.
- Lebih termotivasi untuk mengulang perhitungan atau memperbaiki desain jika hasil simulasi menunjukkan potensi kegagalan.
- Menyadari pentingnya numerasi sebagai alat pengambilan keputusan, bukan sekadar latihan matematika.

Dengan demikian, simulasi perhitungan dasar tidak hanya meningkatkan kemampuan numerasi, tetapi juga mengembangkan pemikiran analitis, kesadaran teknis, dan sikap profesional peserta didik, sehingga mereka lebih siap menghadapi pembelajaran lanjutan maupun praktik di dunia industri.

4.5 Pembahasan Hasil Implementasi

Hasil implementasi inovasi pembelajaran "Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar" menunjukkan bahwa integrasi proyek mini dengan simulasi perhitungan dasar mampu menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna, kontekstual, dan aplikatif. Beberapa temuan utama yang dapat dibahas meliputi:

1. Efektivitas pendekatan Project Based Learning (PjBL)

Model PjBL yang digunakan mendorong peserta didik untuk:

- Aktif terlibat dalam proses pembelajaran, melalui perancangan, pembuatan, dan pengujian model sambungan.
- Berpikir kritis dan analitis, terutama saat melakukan simulasi perhitungan dasar dan menilai keamanan sambungan.
- Bertanggung jawab dan bekerja sama, karena proyek mini dilakukan secara berkelompok, dengan pembagian peran yang jelas.

Kegiatan ini membuat peserta didik tidak hanya belajar teori, tetapi mengalami langsung penerapan konsep sambungan mekanik, sehingga pemahaman menjadi lebih mendalam dan tahan lama dibandingkan pembelajaran konvensional.

2. Kesesuaian dengan prinsip Kurikulum Merdeka

Inovasi ini sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka, yang menekankan:

- Pembelajaran berpusat pada peserta didik, di mana guru berperan sebagai fasilitator dan pembimbing, sementara peserta didik aktif mengelola proses belajar mereka sendiri.
- Penguatan numerasi dan keterampilan analitis, melalui simulasi perhitungan dasar yang menghubungkan teori dan praktik.
- Pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti kolaborasi, komunikasi teknis, kreativitas, pemecahan masalah, dan refleksi diri.

Dengan pendekatan ini, pembelajaran menjadi lebih relevan dengan kebutuhan industri, serta mempersiapkan peserta didik untuk tantangan pembelajaran lanjutan dan dunia kerja.

3. Kepraktisan dan keberlanjutan pembelajaran

Penggunaan bahan sederhana dan mudah diperoleh, seperti karton, kayu tipis, sedotan, benang, atau paku kertas, menjadikan pembelajaran ini:

- Mudah diterapkan di berbagai kondisi sekolah, tanpa memerlukan peralatan industri yang mahal.
- Fleksibel dan berkelanjutan, karena bahan dapat disesuaikan dengan ketersediaan sumber daya lokal.
- Mendorong kreativitas, karena peserta didik belajar menyesuaikan desain sambungan dengan alat dan bahan yang ada.

4. Tantangan dan strategi mitigasi

Meskipun implementasi berhasil, terdapat beberapa kendala yang ditemui, antara lain:

- Keterbatasan waktu, karena setiap tahapan pembelajaran—dari perencanaan hingga refleksi—memerlukan perhatian dan waktu yang cukup.
- Perbedaan kemampuan awal peserta didik, terutama dalam hal pemahaman konsep sambungan dan keterampilan numerasi dasar.

- Variasi kecepatan pengerjaan proyek antar kelompok, yang memerlukan penyesuaian dan bimbingan guru secara proporsional.

Strategi yang dapat diterapkan untuk mengatasi kendala tersebut meliputi:

- Pengelolaan waktu yang lebih efektif, dengan membagi setiap tahap kegiatan menjadi sesi yang jelas dan terstruktur.
- Pendampingan dan scaffolding yang proporsional, di mana guru memberikan bantuan lebih intensif bagi peserta didik yang membutuhkan, tanpa mengurangi kemandirian peserta didik lain.
- Penyediaan materi tambahan atau lembar panduan, untuk membantu peserta didik yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep atau perhitungan.

5. Kesimpulan pembahasan

Secara keseluruhan, hasil implementasi menunjukkan bahwa inovasi ini:

- Meningkatkan keterlibatan dan motivasi peserta didik, karena mereka dapat melihat hasil nyata dari proses belajar mereka sendiri.
- Meningkatkan pemahaman konsep sambungan mekanik, yang sebelumnya abstrak menjadi lebih nyata dan kontekstual.
- Mengembangkan keterampilan teknis, numerasi, sosial, dan komunikasi, yang relevan dengan tuntutan dunia kerja.
- Menyediakan model pembelajaran yang praktis, fleksibel, dan berkelanjutan, sehingga dapat diterapkan secara luas di berbagai kondisi sekolah.

Dengan demikian, inovasi pembelajaran ini tidak hanya efektif dari segi pencapaian kompetensi peserta didik, tetapi juga sesuai dengan prinsip pembelajaran modern yang menekankan kontekstualisasi, penguatan numerasi, keterampilan abad ke-21, dan pembelajaran berpusat pada peserta didik.

BAB V

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pembahasan inovasi pembelajaran **Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar**, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembelajaran berbasis proyek mini mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam pembelajaran sambungan mekanik.
2. Integrasi praktik pembuatan model sambungan mekanik dengan simulasi perhitungan dasar menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan kontekstual.
3. Peserta didik lebih mudah memahami konsep jenis, fungsi, dan prinsip kerja sambungan mekanik karena belajar melalui pengalaman langsung.
4. Simulasi perhitungan dasar membantu peserta didik memahami pentingnya numerasi dalam pengambilan keputusan teknis dan keselamatan kerja.
5. Model pembelajaran ini efektif dalam mengembangkan aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan secara terpadu.

5.2 Rekomendasi

Berdasarkan simpulan tersebut, rekomendasi yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Guru disarankan menerapkan pembelajaran berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar pada materi teknik lainnya yang bersifat aplikatif.
2. Sekolah dapat mendukung penerapan inovasi pembelajaran ini dengan menyediakan waktu dan fasilitas yang fleksibel.
3. Inovasi pembelajaran ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan variasi jenis sambungan dan tingkat perhitungan yang lebih kompleks sesuai jenjang peserta didik.

4. Perlu dilakukan pengembangan lanjutan untuk mengintegrasikan teknologi digital sederhana sebagai pendukung pembelajaran dan evaluasi.

DAFTAR PUSTAKA

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). *Kurikulum Merdeka: Kerangka Dasar dan Struktur Kurikulum*. Jakarta: Kemendikbudristek.

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2023). *Capaian Pembelajaran SMK Bidang Teknologi dan Rekayasa*. Jakarta: Kemendikbudristek.

Majid, A. (2014). *Pembelajaran Tematik Terpadu*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

Mulyasa, E. (2021). *Menjadi Guru Penggerak Merdeka Belajar*. Jakarta: Bumi Aksara.

Permendikbud Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2022 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah.

Sani, R. A. (2019). *Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning)*. Jakarta: Bumi Aksara.

Slameto. (2015). *Belajar dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya*. Jakarta: Rineka Cipta.

Sudjana, N. (2017). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

Trianto. (2018). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif, dan Kontekstual*. Jakarta: Kencana.

LAMPIRAN - LAMPIRAN

Lampiran 1

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Proyek Mini Sambungan Baut

Satuan Pendidikan : SMK
Mata Pelajaran : Teknik Pemesinan
Kelas/Semester : X TPM / Ganjil
Materi : Sambungan Baut
Model Pembelajaran : Proyek Mini

A. Tujuan Kegiatan

Peserta didik mampu memahami fungsi sambungan baut melalui pembuatan proyek mini serta melakukan simulasi perhitungan dasar beban sambungan.

B. Alat dan Bahan

- Karton tebal
- Paku kertas / tusuk sate
- Penggaris dan pensil
- Gunting / cutter

C. Langkah Kerja

1. Gambar sketsa dua pelat yang akan disambung menggunakan baut.
2. Tentukan jumlah dan posisi baut.
3. Lubangi karton sesuai rancangan.
4. Pasang pengikat sebagai simulasi baut.
5. Amati kekuatan sambungan secara sederhana.

D. Simulasi Perhitungan Dasar

- Beban total (perkiraan): _____ kg
- Jumlah baut: _____ buah
- Beban per baut = Beban total ÷ Jumlah baut

= _____ kg

E. Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang kekuatan sambungan baut yang telah dibuat.

Lampiran 2

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Proyek Mini Sambungan Paku Keling

A. Tujuan Kegiatan

Peserta didik memahami karakteristik sambungan permanen melalui simulasi paku keling.

B. Alat dan Bahan

- Karton / bahan tipis
- Paku kertas
- Penggaris dan pensil

C. Langkah Kerja

1. Gambar sketsa dua pelat yang akan disambung.
2. Tentukan posisi paku keling.
3. Pasang paku kertas sebagai simulasi paku keling.
4. Pastikan sambungan tidak dapat dibongkar tanpa merusak pengikat.

D. Simulasi Perhitungan Dasar

- Beban total (perkiraan): _____ kg
- Jumlah paku keling: _____ buah
- Beban per paku keling = _____ kg

E. Refleksi

Apa perbedaan utama sambungan paku keling dengan sambungan baut?

Lampiran 3

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Proyek Mini Sambungan Pasak

A. Tujuan Kegiatan

Peserta didik memahami fungsi pasak dalam meneruskan putaran poros.

B. Alat dan Bahan

- Karton (poros & roda gigi mini)
- Stik es krim kayu
- Pensil, penggaris, gunting

C. Langkah Kerja

1. Buat poros mini dari karton.
2. Buat roda gigi/puli mini dan lubangi bagian tengah.
3. Tentukan posisi alur pasak (keyway).
4. Pasang pasak dan roda gigi pada poros.
5. Uji putaran secara manual.

D. Pengamatan

Apakah roda gigi ikut berputar tanpa slip?

☐ Ya ☐ Tidak

Jelaskan alasan teknisnya: _____

Lampiran 4

LKPD Simulasi Perhitungan Dasar pada Sambungan Mekanik

Kelas: 10 TPM 1/2/3 – SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang

A. Tujuan Pembelajaran

1. Melatih kemampuan perhitungan sederhana terkait beban pada sambungan.
2. Memahami hubungan antara jumlah sambungan, distribusi beban, dan keamanan sambungan.
3. Mengembangkan keterampilan analisis, ketelitian, dan pemecahan masalah dalam konteks teknik.

B. Alat dan Bahan

- Model sambungan mini (karton, kayu tipis, sedotan)
- Beban ringan (misal benda mainan, koin, atau balok kecil)
- Penggaris / timbangan mini (opsional)
- Lembar kerja ini

C. Langkah-Langkah Kegiatan

1. Buat model sambungan mekanik sederhana sesuai rancangan proyek mini kelompok.
2. Tentukan total beban yang akan diterapkan pada sambungan.
3. Hitung beban per sambungan dengan rumus:

$$\text{Beban per sambungan} = \frac{\text{Beban total}}{\text{Jumlah sambungan}}$$

4. Catat hasil perhitungan di tabel berikut.
5. Uji sambungan secara manual: beri beban ringan, amati apakah sambungan stabil.
6. Diskusikan hasil pengamatan dan hubungkan dengan perhitungan yang telah dibuat.

D. Tabel Simulasi Perhitungan Beban Sambungan

No	Jumlah Sambungan	Total Beban (kg)	Beban per Sambungan (kg)	Hasil Pengujian (Stabil / Tidak Stabil)	Catatan / Observasi
1					
2					
3					

Tabel L.4.1 Simulasi Perhitungan Beban Sambungan

E. Soal HOTS (Higher Order Thinking Skills)

1. Studi Kasus 1:

   Sebuah papan mini ditopang oleh 3 sambungan dan menahan beban 15 kg.

   - Hitung beban yang diterima tiap sambungan.
   - Jika satu sambungan gagal, bagaimana beban akan terdistribusi ke sambungan lain? Jelaskan dampaknya terhadap keamanan papan.

2. Studi Kasus 2:

   Model sambungan Anda awalnya menggunakan 4 sambungan dan menahan beban 12 kg.

   - Jika jumlah sambungan dikurangi menjadi 3, bagaimana perubahan beban per sambungan?
   - Berdasarkan hasil perhitungan, apakah sambungan masih aman? Apa saran perbaikan desainnya?

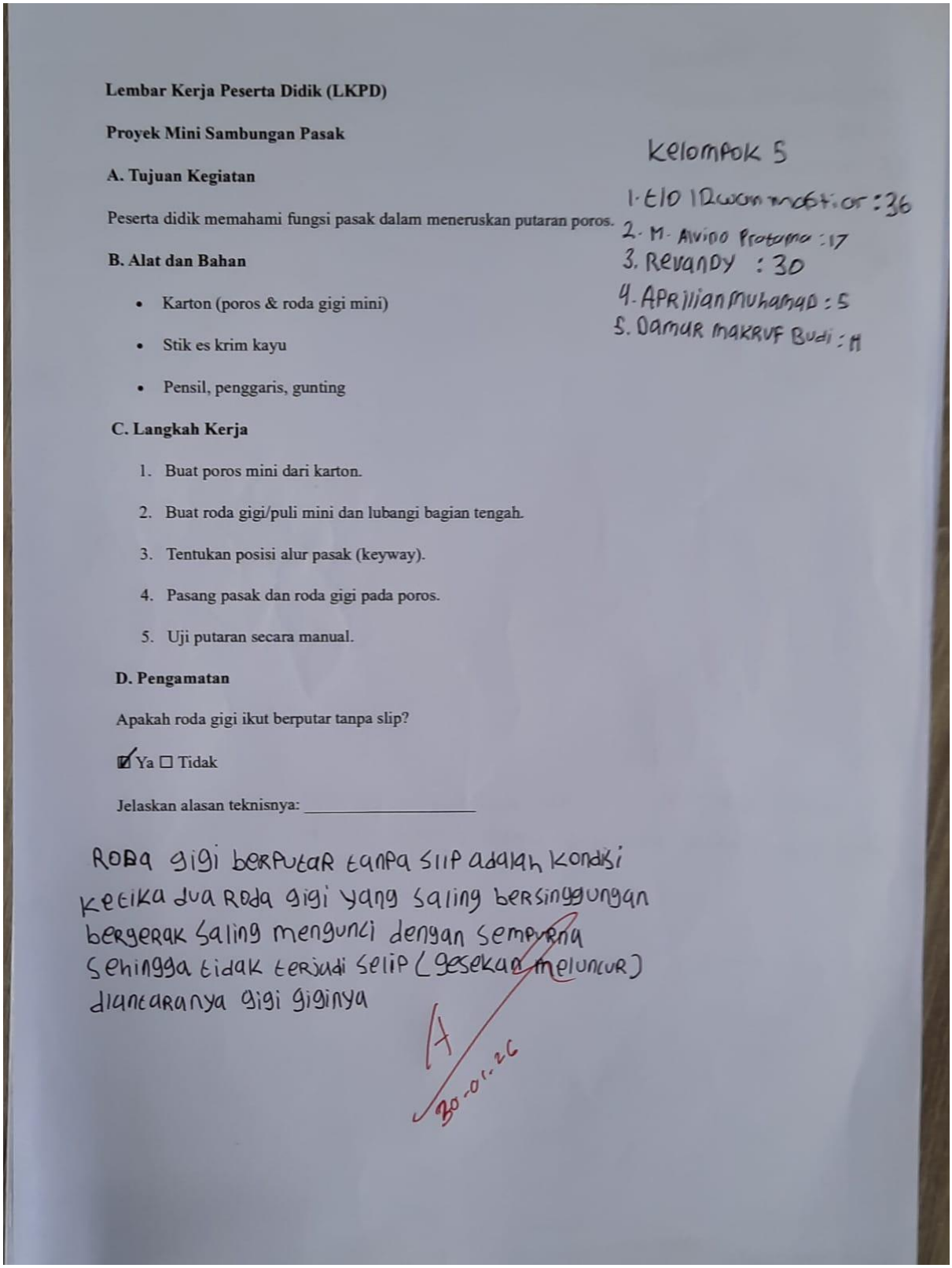
3. Studi Kasus 3:

   Sebuah struktur mini memiliki 6 sambungan yang menahan total beban 24 kg. Salah satu sambungan lebih kecil dari yang lain sehingga hanya mampu menahan 2 kg.

   - Tentukan sambungan mana yang paling berisiko gagal.
   - Bagaimana sebaiknya Anda memodifikasi sambungan agar beban terdistribusi lebih aman?

Lampiran 5

Contoh Hasil Isian LKPD Peserta Didik



Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Proyek Mini Sambungan Pasak

Kelompok 5

1. Elo Iqwan Motor : 36
2. M. Alvino Proterma : 17
3. Revandy : 30
4. Aprilian Muhamad : 5
5. Damar Makruf Budi : 11

A. Tujuan Kegiatan

Peserta didik memahami fungsi pasak dalam meneruskan putaran poros.

B. Alat dan Bahan

- Karton (poros & roda gigi mini)
- Stik es krim kayu
- Pensil, penggaris, gunting

C. Langkah Kerja

1. Buat poros mini dari karton.
2. Buat roda gigi/puli mini dan lubangi bagian tengah.
3. Tentukan posisi alur pasak (keyway).
4. Pasang pasak dan roda gigi pada poros.
5. Uji putaran secara manual.

D. Pengamatan

Apakah roda gigi ikut berputar tanpa slip?

☑ Ya ☐ Tidak

Jelaskan alasan teknisnya: _____

Roda gigi berputar tanpa slip adalah kondisi ketika dua roda gigi yang saling bersinggungan bergerak saling mengunci dengan sempurna sehingga tidak terjadi selip (gesekan meluncur) diantaranya gigi giginya

30-01-26

Gambar L5.1. LKPD Proyek Sambungan Pasak

Kelompok 3
Nama : 1). Sopi'an Hadi
2). Zovvy
3). Rasya
4). Daffa Hanung
5). Alvino kurniawan
6). M. Ridho

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Proyek Mini Sambungan Baut

Satuan Pendidikan : SMK
Mata Pelajaran : Teknik Pemesinan
Kelas/Semester : X TPM / Ganjil
Materi : Sambungan Baut
Model Pembelajaran : Proyek Mini

A. Tujuan Kegiatan

Peserta didik mampu memahami fungsi sambungan baut melalui pembuatan proyek mini serta melakukan simulasi perhitungan dasar beban sambungan.

B. Alat dan Bahan

- Karton tebal / stereofom / kardus, Paku kertas / tusuk sate, lem.
- Penggaris dan pensil, Gunting / cutter

C. Langkah Kerja

1. Gambar sketsa dua pelat yang akan disambung menggunakan baut.
2. Tentukan jumlah dan posisi baut.
3. Lubangi karton sesuai rancangan.
4. Pasang pengikat sebagai simulasi baut.
5. Amati kekuatan sambungan secara sederhana.

D. Simulasi Perhitungan Dasar

- Beban total (perkiraan): 5 s/d 10 kg
- Jumlah baut: 2 buah
- Beban per baut = Beban total ÷ Jumlah baut

  = 3 kg

E. Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan tentang kekuatan sambungan baut yang telah dibuat.

Simulasi sambungan baut mini memperlihatkan cara menyatukan dua plat bahan sederhana

Gambar L.5.2 LKPD Sambungan Baut

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Proyek Mini Sambungan Paku Keling

A. Tujuan Kegiatan

Peserta didik memahami karakteristik sambungan permanen melalui simulasi paku keling.

B. Alat dan Bahan

- Karton / bahan tipis
- Paku kertas
- Penggaris dan pensil

C. Langkah Kerja

1. Gambar sketsa dua pelat yang akan disambung.
2. Tentukan posisi paku keling.
3. Pasang paku kertas sebagai simulasi paku keling.
4. Pastikan sambungan tidak dapat dibongkar tanpa merusak pengikat.

D. Simulasi Perhitungan Dasar

- Beban total (perkiraan): 5 kg gr
- Jumlah paku keling: 2 buah
- Beban per paku keling = 1 kg gr

E. Refleksi

Apa perbedaan utama sambungan paku keling dengan sambungan baut?

Paku keling bersifat permanen (harus dirusak untuk dilepas), sedangkan baut bersifat bongkar pasang, bongkar, Pasang

- Nama kelompok 2
- Adityo O.
- Ibnu Safrizal
- M. Rizky Hardiansyah
- Raka Fajar A.
- Rizky Satria Suprapto

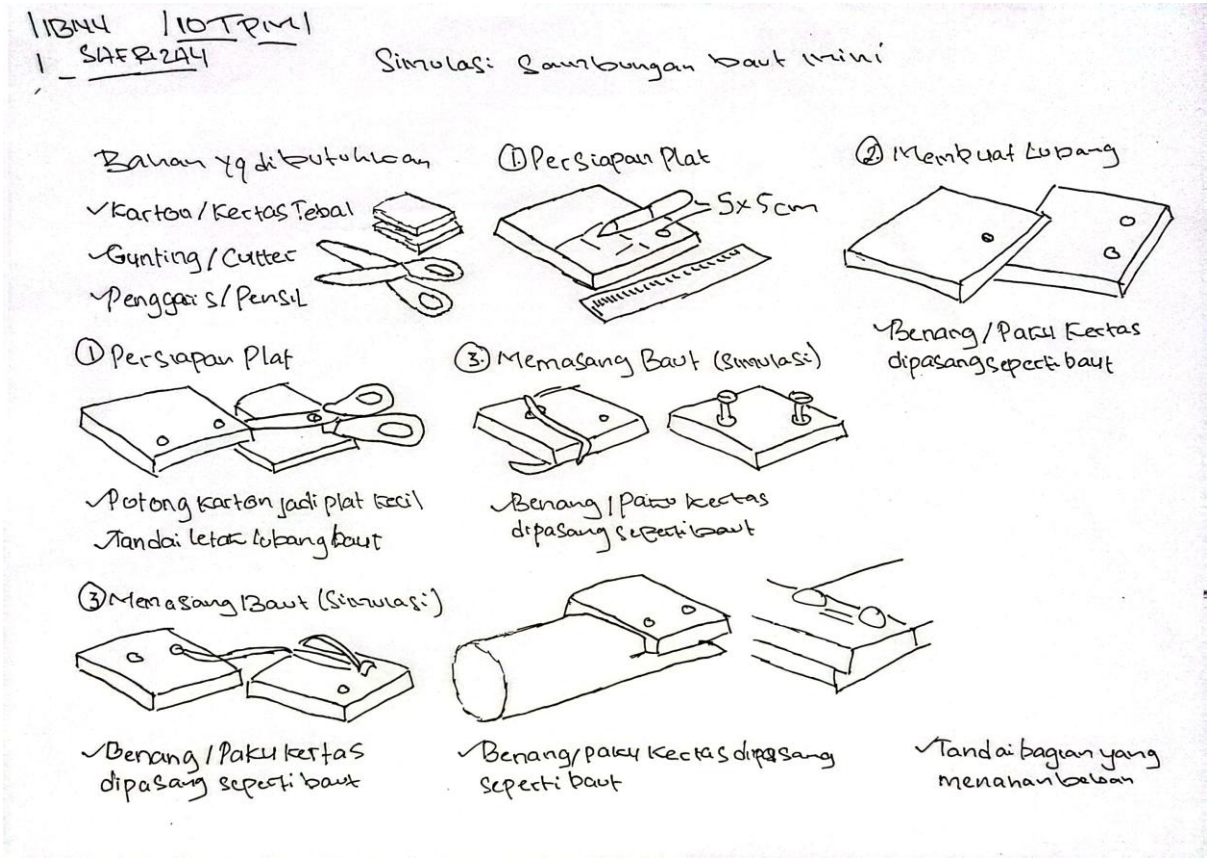
Gambar L.5.3 LKPD Sambungan Paku Keling

Lampiran 6

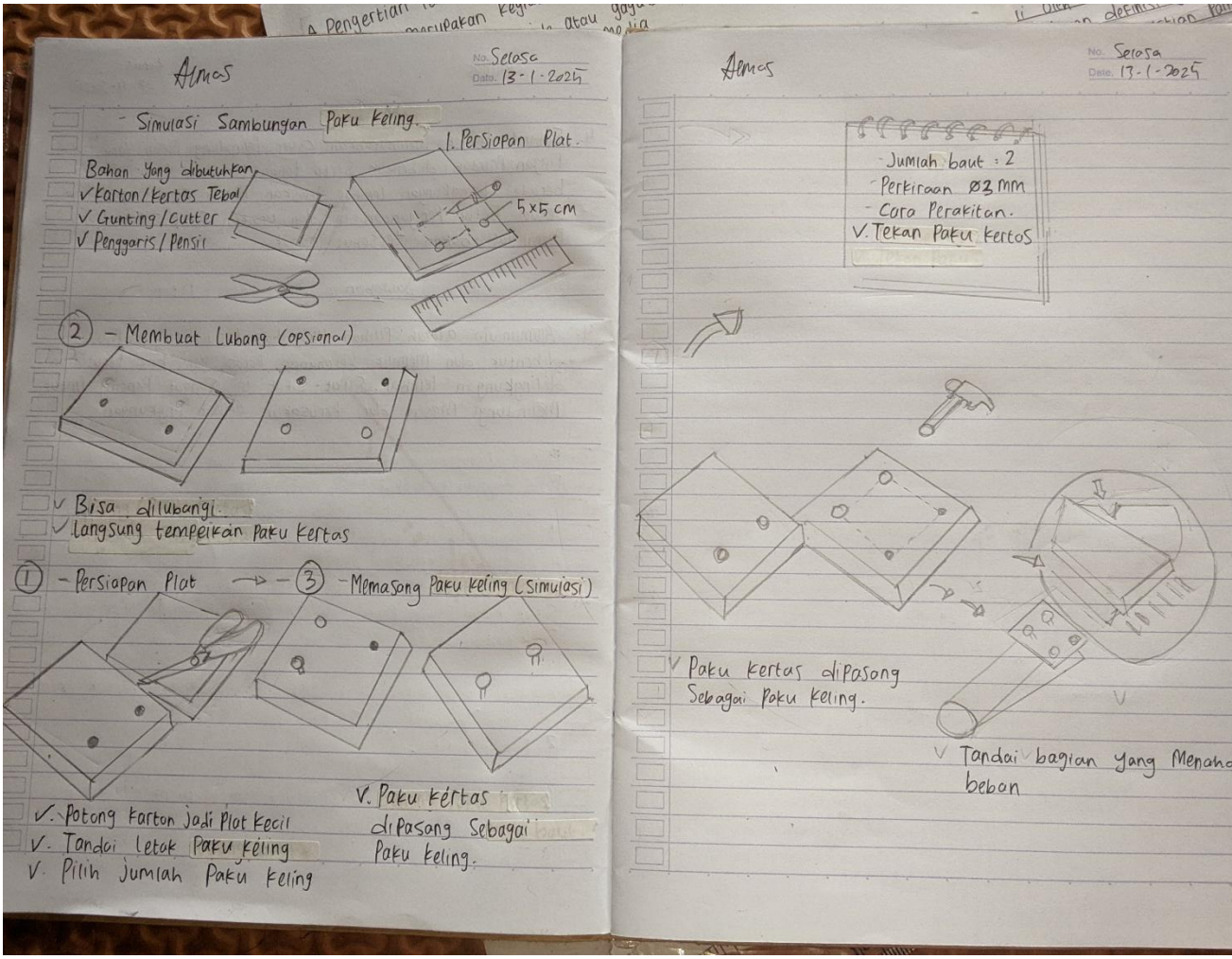
Dokumentasi Kegiatan Pembelajaran

Dokumentasi meliputi:

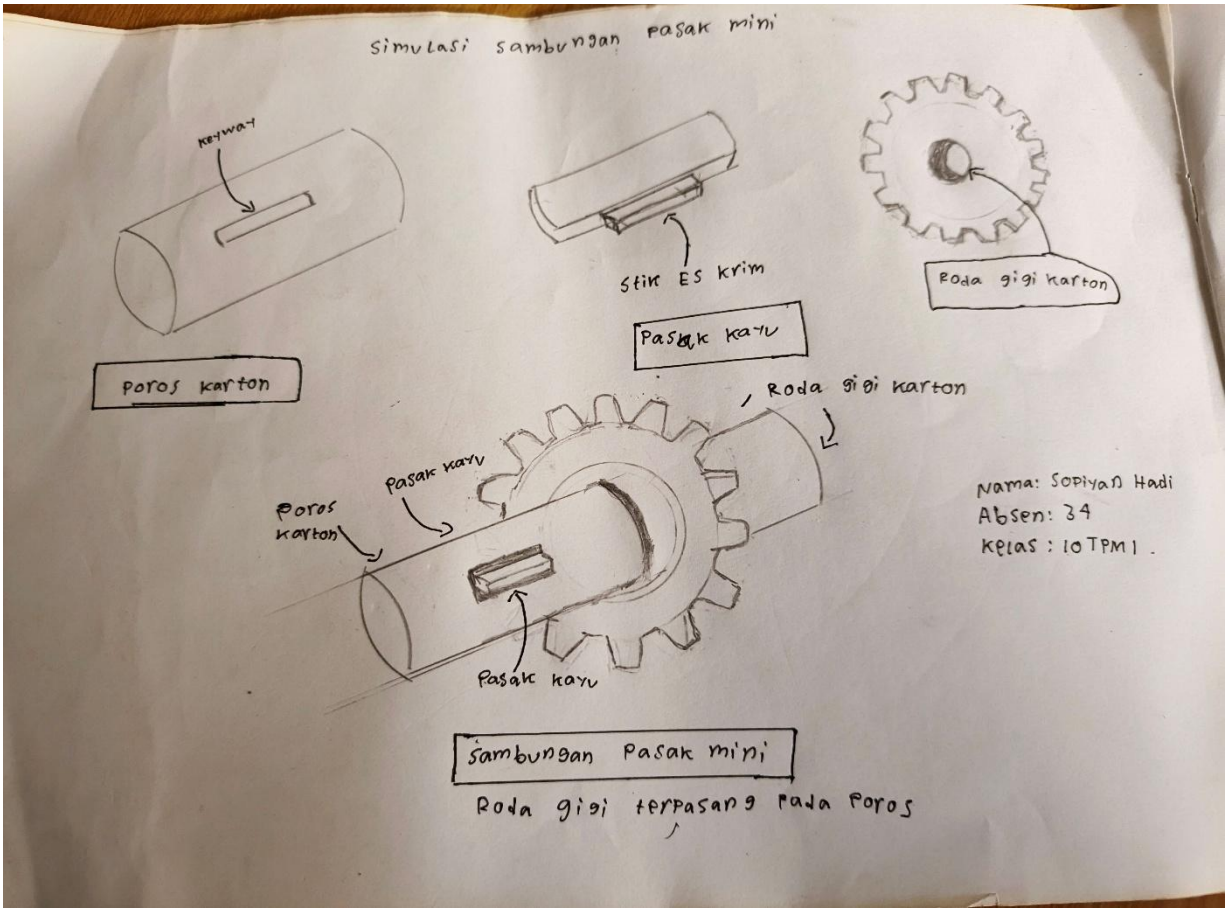
1. Gambar sketsa sambungan
2. Proses perakitan proyek mini
3. Hasil proyek simulasi sambungan
4. Simulasi perhitungan dasar
5. Refleksi



Gambar L.6.1.1 Sketsa Simulasi Sambungan Baut Mini

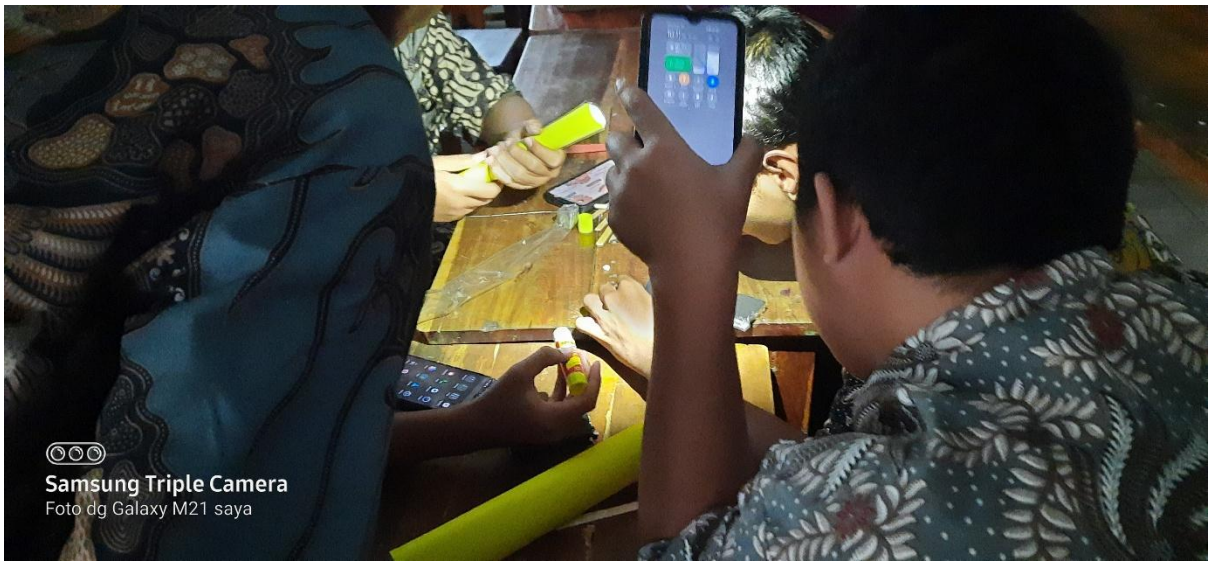


Gambar L.6.1.2 Sketsa Simulasi Sambungan Paku Keling



Gambar L.6.1.3 Sketsa Simulasi Sambungan Pasak Mini

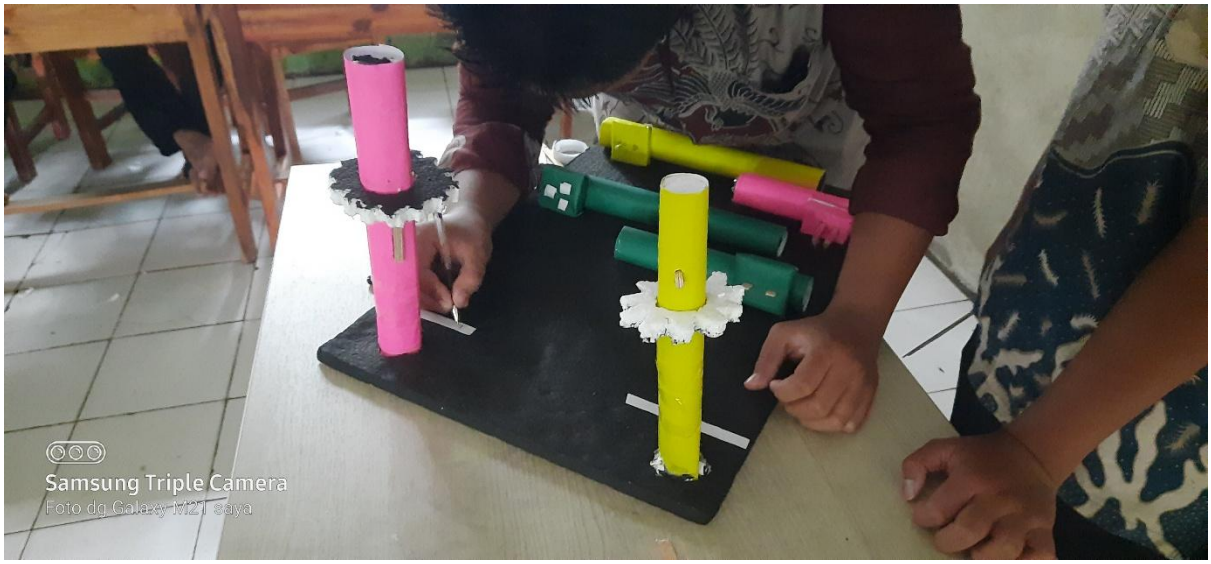




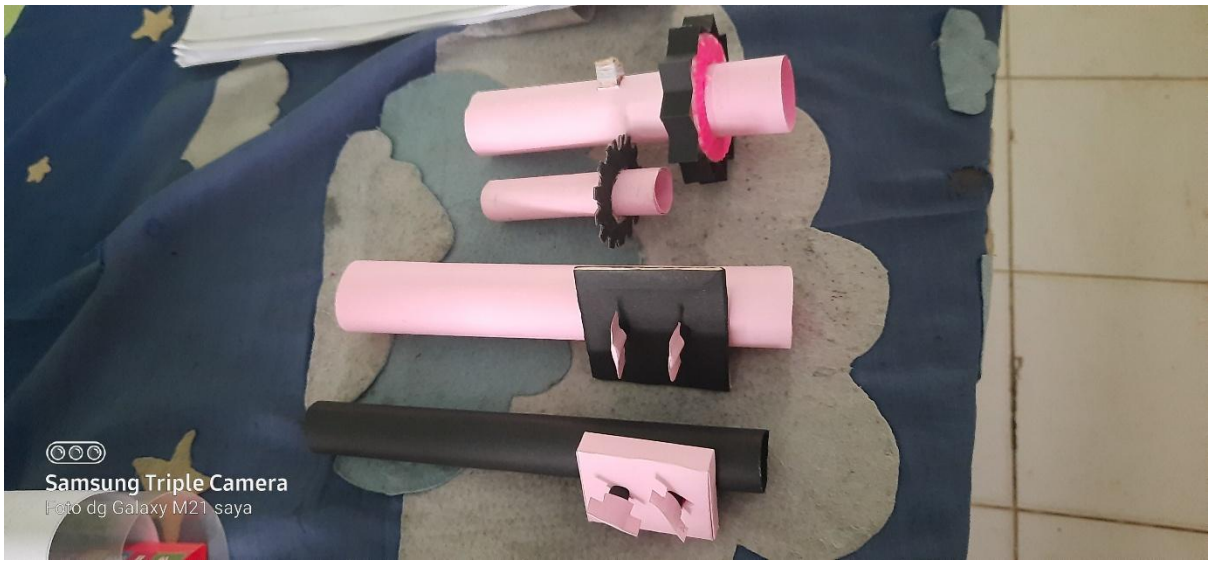




Gambar L.6.2 Proses perakitan proyek mini

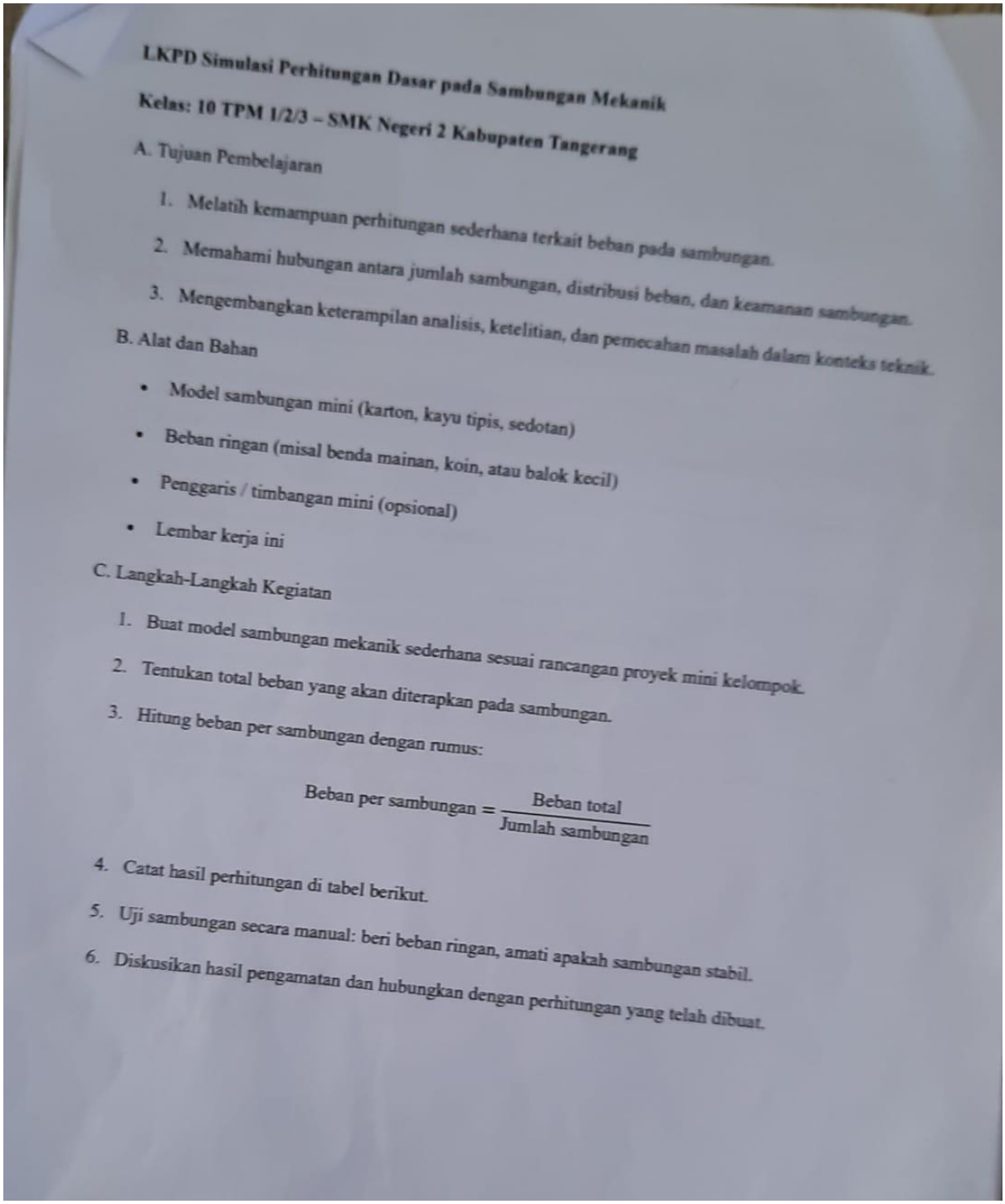

Samsung Triple Camera
Foto dg Galaxy M21 saya


Samsung Triple Camera
Foto dg Galaxy M21 saya


Samsung Triple Camera
Foto dg Galaxy M21 saya



Gambar L.6.3 .Hasil proyek simulasi sambungan mekanik kelas X TPM 1, 2 dan 3



LKPD Simulasi Perhitungan Dasar pada Sambungan Mekanik

Kelas: 10 TPM 1/2/3 – SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang

A. Tujuan Pembelajaran

1. Melatih kemampuan perhitungan sederhana terkait beban pada sambungan.
2. Memahami hubungan antara jumlah sambungan, distribusi beban, dan keamanan sambungan.
3. Mengembangkan keterampilan analisis, ketelitian, dan pemecahan masalah dalam konteks teknik.

B. Alat dan Bahan

- Model sambungan mini (karton, kayu tipis, sedotan)
- Beban ringan (misal benda mainan, koin, atau balok kecil)
- Penggaris / timbangan mini (opsional)
- Lembar kerja ini

C. Langkah-Langkah Kegiatan

1. Buat model sambungan mekanik sederhana sesuai rancangan proyek mini kelompok.
2. Tentukan total beban yang akan diterapkan pada sambungan.
3. Hitung beban per sambungan dengan rumus:

$$\text{Beban per sambungan} = \frac{\text{Beban total}}{\text{Jumlah sambungan}}$$

4. Catat hasil perhitungan di tabel berikut.
5. Uji sambungan secara manual: beri beban ringan, amati apakah sambungan stabil.
6. Diskusikan hasil pengamatan dan hubungkan dengan perhitungan yang telah dibuat.

Gambar L.6.4.1 Simulasi perhitungan dasar

D. Tabel Simulasi Perhitungan Beban Sambungan

No	Jumlah Sambungan	Total Beban (kg) gr	Beban per Sambungan (kg) gr	Hasil Pengujian (Stabil / Tidak Stabil)	Catatan / Observasi
1	2	5	2,5	Stabil	
2					
3					

E. Soal HOTS (Higher Order Thinking Skills)

1. Studi Kasus 1:

   Sebuah papan mini ditopang oleh 3 sambungan dan menahan beban 15 kg.

   - Hitung beban yang diterima tiap sambungan. $\frac{15}{3} = 5$
   - Jika satu sambungan gagal, bagaimana beban akan terdistribusi ke sambungan lain? Jelaskan dampaknya terhadap keamanan papan. = Jika 1 sambungan gagal, beban 15 kg akan ditanggung oleh 2 sambungan $\frac{15}{2} = 7,5$. Dampaknya

2. Studi Kasus 2:

   Model sambungan Anda awalnya menggunakan 4 sambungan dan menahan beban 12 kg.

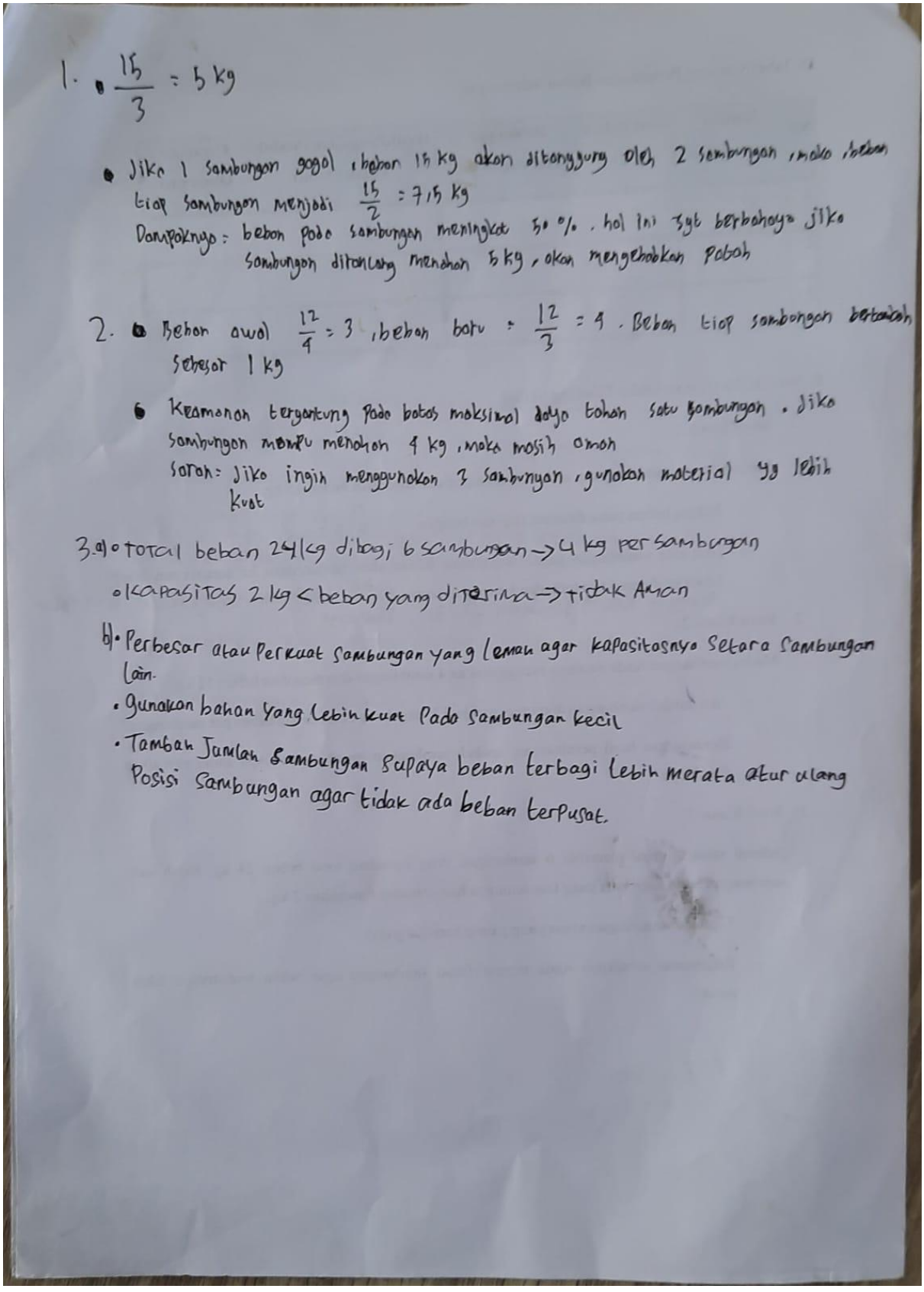
   - Jika jumlah sambungan dikurangi menjadi 3, bagaimana perubahan beban per sambungan?
   - Berdasarkan hasil perhitungan, apakah sambungan masih aman? Apa saran perbaikan desainnya?

3. Studi Kasus 3:

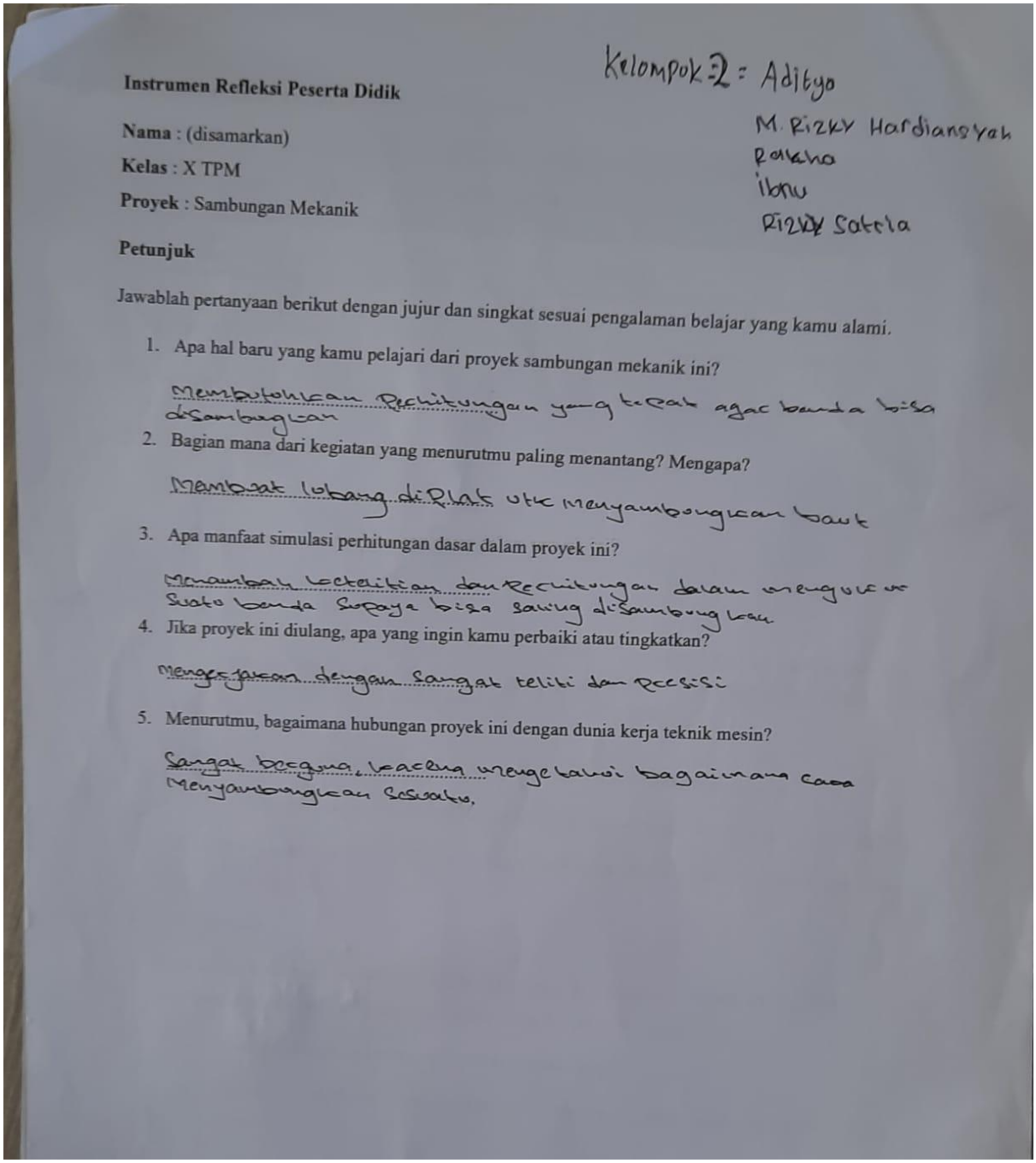
   Sebuah struktur mini memiliki 6 sambungan yang menahan total beban 24 kg. Salah satu sambungan lebih kecil dari yang lain sehingga hanya mampu menahan 2 kg.

   - Tentukan sambungan mana yang paling berisiko gagal.
   - Bagaimana sebaiknya Anda memodifikasi sambungan agar beban terdistribusi lebih aman?

Gambar L.6.4.2 Simulasi perhitungan dasar



Gambar L.6.4.3 Simulasi perhitungan dasar



Kelompok 2 : Adityo
M. Rizky Hardiansyah
Raksha
Ibnu
Rizky Satria

Instrumen Refleksi Peserta Didik

Nama : (disamarkan)

Kelas : X TPM

Proyek : Sambungan Mekanik

Petunjuk

Jawablah pertanyaan berikut dengan jujur dan singkat sesuai pengalaman belajar yang kamu alami.

1. Apa hal baru yang kamu pelajari dari proyek sambungan mekanik ini?

   Membutuhkan Perhitungan yang tepat agar benda bisa disambungkan

2. Bagian mana dari kegiatan yang menurutmu paling menantang? Mengapa?

   Membuat lubang di Plat utk menyambungkan baut

3. Apa manfaat simulasi perhitungan dasar dalam proyek ini?

   Menambah ketelitian dan Perhitungan dalam mengukur suatu benda supaya bisa saling disambungkan

4. Jika proyek ini diulang, apa yang ingin kamu perbaiki atau tingkatkan?

   Mengerjakan dengan sangat teliti dan presisi

5. Menurutmu, bagaimana hubungan proyek ini dengan dunia kerja teknik mesin?

   Sangat berguna, karena mengetahui bagaimana cara menyambungkan sesuatu.

Gambar L.6.5 Instrumen Refleksi Peserta Didik

Lampiran 7

Rubrik Penilaian Proyek Mini Sambungan Mekanik

Mata Pelajaran : Teknik Pemesinan
Kelas : X TPM
Bentuk Penilaian : Proyek Mini
Aspek yang Dinilai : Sikap, Pengetahuan, Keterampilan

A. Rubrik Penilaian Sikap

No	Aspek Sikap	Skor (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Bimbingan)
1	Disiplin	Selalu tepat waktu dan mengikuti seluruh aturan kerja	Tepat waktu dengan sedikit pengingat	Sering terlambat	Tidak disiplin
2	Kerja Sama	Aktif bekerja sama dan membantu anggota kelompok	Bekerja sama dengan baik	Kurang aktif	Tidak mau bekerja sama
3	Tanggung Jawab	Menyelesaikan tugas dengan penuh tanggung jawab	Tugas selesai dengan baik	Tugas kurang optimal	Tugas tidak selesai

Tabel L.7.1 Rubrik Penilaian Sikap

B. Rubrik Penilaian Pengetahuan

No	Aspek Sikap	Skor (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Bimbingan)
1	Pemahaman jenis sambungan	Menjelaskan fungsi dan karakteristik	Penjelasan tepat	Penjelasan kurang tepat	Tidak memahami

		dengan sangat tepat			
2	Pemahaman beban sambungan	Mampu mengaitkan jenis beban dengan sambungan	Cukup memahami	Kurang memahami	Tidak memahami
3	Simulasi perhitungan	Perhitungan tepat dan logis	Perhitungan cukup tepat	Banyak kesalahan	Tidak mampu

Tabel L.7.2 Rubrik Penilaian Pengetahuan

C. Rubrik Penilaian Keterampilan

No	Aspek Sikap	Skor (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Bimbingan)
1	Ketepatan perakitan	Rapi, kuat, dan sesuai rancangan	Cukup rapi dan kuat	Kurang rapi	Tidak sesuai
2	Ketepatan penggunaan alat	Menggunakan alat dengan aman dan tepat	Cukup tepat	Kurang tepat	Tidak aman
3	Fungsi sambungan	Sambungan berfungsi dengan baik	Fungsi cukup baik	Kurang berfungsi	Tidak berfungsi

Tabel L.7.3 Rubrik Penilaian Keterampilan

D. Rekapitulasi Nilai

Nilai Akhir = (Sikap + Pengetahuan + Keterampilan) ÷ 3

Lampiran 8

Instrumen Refleksi Peserta Didik

Nama : (disamarkan)
Kelas : X TPM
Proyek : Sambungan Mekanik

Petunjuk

Jawablah pertanyaan berikut dengan jujur dan singkat sesuai pengalaman belajar yang kamu alami.

1. Apa hal baru yang kamu pelajari dari proyek sambungan mekanik ini?

   .....

2. Bagian mana dari kegiatan yang menurutmu paling menantang? Mengapa?

   .....

3. Apa manfaat simulasi perhitungan dasar dalam proyek ini?

   .....

4. Jika proyek ini diulang, apa yang ingin kamu perbaiki atau tingkatkan?

   .....

5. Menurutmu, bagaimana hubungan proyek ini dengan dunia kerja teknik mesin?

   .....

Lampiran 9

Peta Alur Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini

A. Tujuan Lampiran

Lampiran ini menyajikan peta alur pembelajaran untuk memberikan gambaran utuh tentang tahapan pelaksanaan pembelajaran sambungan mekanik berbasis proyek mini dan simulasi perhitungan dasar. Peta alur ini membantu pembaca memahami hubungan antar kegiatan pembelajaran dari awal hingga akhir.

B. Alur Pembelajaran

Secara umum, pembelajaran dilaksanakan melalui tahapan sebagai berikut:

1. **Pengenalan Materi**

   Guru menyampaikan konsep dasar sambungan mekanik dan contoh penerapannya di dunia industri.

2. **Perancangan dan Sketsa Awal**

   Peserta didik membuat sketsa sambungan mekanik sebagai bentuk perencanaan proyek mini.

3. **Pelaksanaan Proyek Mini**

   Peserta didik merakit model sambungan mekanik menggunakan bahan sederhana sesuai rancangan.

4. **Simulasi Perhitungan Dasar**

   Peserta didik melakukan simulasi perhitungan beban sederhana pada sambungan yang dibuat.

5. **Pengujian dan Pengamatan**

   Peserta didik mengamati fungsi dan kekuatan sambungan secara sederhana.

6. **Penilaian Proyek**

   Guru melakukan penilaian menggunakan rubrik penilaian proyek mini.

7. **Refleksi Pembelajaran**

Peserta didik dan guru melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran.

C. Representasi Alur (Naratif)

Alur pembelajaran dimulai dari pemberian konsep dasar sebagai bekal awal, kemudian dilanjutkan dengan kegiatan perancangan melalui pembuatan sketsa. Sketsa menjadi dasar pelaksanaan proyek mini, yang selanjutnya diikuti dengan simulasi perhitungan dasar dan pengujian sederhana. Hasil proyek dinilai menggunakan rubrik penilaian, dan pembelajaran ditutup dengan refleksi untuk memperkuat pemahaman dan sikap belajar peserta didik.

D. Keterkaitan dengan Bab Buku

Peta alur pembelajaran ini memiliki keterkaitan langsung dengan isi buku, yaitu:

- **Bab III**: Model Pembelajaran Berbasis Proyek
- **Bab IV**: Pelaksanaan Proyek Mini
- **Bab V**: Simulasi Perhitungan Dasar
- **Bab VI**: Penilaian dan Refleksi
- **Bab VII**: Dampak Inovasi Pembelajaran

E. Manfaat Peta Alur Pembelajaran

Peta alur pembelajaran membantu guru:

- Memahami urutan kegiatan secara utuh
- Menjaga konsistensi antara perencanaan dan pelaksanaan
- Menjadi panduan ringkas dalam mengimplementasikan inovasi pembelajaran

Lampiran 10

Keselamatan Kerja Mini pada Proyek Sambungan Mekanik

A. Tujuan Lampiran

Lampiran ini disusun untuk menanamkan kesadaran keselamatan kerja kepada peserta didik sejak tahap awal pembelajaran teknik. Meskipun proyek mini menggunakan bahan dan alat sederhana, prinsip keselamatan kerja tetap harus diterapkan sebagai bagian dari sikap profesional di bidang teknik mesin.

B. Prinsip Keselamatan Kerja

Peserta didik diwajibkan memahami dan menerapkan prinsip keselamatan kerja berikut selama kegiatan proyek mini:

1. Bekerja dengan tertib dan tidak tergesa-gesa.
2. Menggunakan alat sesuai fungsi dan petunjuk guru.
3. Menjaga kebersihan dan kerapian area kerja.
4. Melaporkan alat rusak atau kondisi berbahaya kepada guru.

C. Aturan Penggunaan Alat Sederhana

1. **Gunting dan Cutter**
    - Gunakan cutter dengan arah potong menjauhi tubuh.
    - Simpan cutter dalam kondisi tertutup setelah digunakan.
2. **Penggaris dan Pensil**
    - Gunakan penggaris sebagai alat bantu ukur dan garis, bukan alat potong.
    - Simpan alat tulis dengan rapi setelah digunakan.
3. **Bahan Karton dan Stik Kayu**
    - Pastikan ujung stik kayu tidak tajam atau serpih.
    - Hindari menekan atau memutar sambungan secara berlebihan.

D. Sikap Kerja Selama Proyek

Peserta didik diharapkan menunjukkan sikap kerja sebagai berikut:

- Fokus selama kegiatan praktik
- Bekerja sama dalam kelompok
- Menghargai pendapat anggota kelompok
- Bertanggung jawab terhadap alat dan bahan

E. Penanganan Risiko Sederhana

Jika terjadi kondisi tidak aman seperti luka ringan atau alat rusak, peserta didik harus segera menghentikan kegiatan dan melaporkan kepada guru. Guru kemudian memberikan penanganan sesuai prosedur keselamatan yang berlaku di sekolah.

F. Penegasan Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan bagian penting dari pembelajaran teknik. Melalui penerapan keselamatan kerja sejak proyek mini, peserta didik dibiasakan untuk bekerja secara aman dan profesional, sebagai bekal memasuki dunia kerja.

BIOGRAFI PENULIS



Ade Ferdiansyah merupakan seorang pendidik di SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang yang mengampu mata pelajaran bidang teknik, khususnya Dasar-Dasar Teknik Mesin. Dalam praktik pembelajaran, penulis berfokus pada pengembangan pembelajaran yang kontekstual dan berpusat pada peserta didik melalui penerapan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning) yang selaras dengan Kurikulum Merdeka.

Pengalaman mengajar mendorong penulis untuk terus mengembangkan inovasi pembelajaran yang mengintegrasikan pemahaman konsep, keterampilan praktik, serta sikap kerja peserta didik. Salah satu inovasi tersebut diwujudkan melalui penerapan proyek mini pada materi sambungan mekanik, yang dirancang untuk membantu peserta didik memahami prinsip kerja, fungsi, dan perhitungan dasar sambungan secara aplikatif dan bermakna.

Laporan inovasi *Pembelajaran Sambungan Mekanik Berbasis Proyek Mini dan Simulasi Perhitungan Dasar di Kelas 10 TPM SMK Negeri 2 Kabupaten Tangerang.* disusun sebagai bentuk dokumentasi dan refleksi atas praktik pembelajaran inovatif yang telah diterapkan di kelas. Melalui laporan inovasi ini, penulis berharap dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan pembelajaran kejuruan, khususnya dalam membangun pengalaman belajar yang aktif, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan dunia kerja.