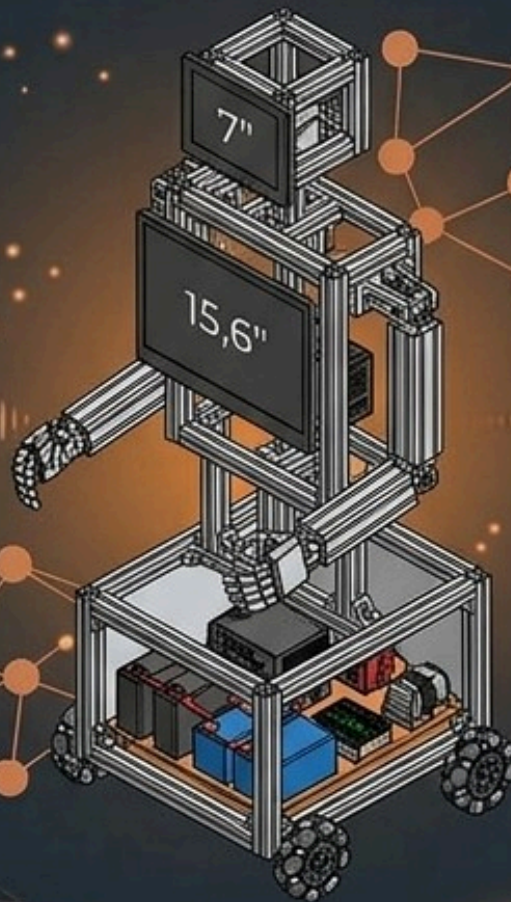




Sistem Integrasi Perangkat Keras & Konstruksi Modular

MODUL HARDWARE ROLI



DOSEN UNY

Dr. Yeni Artanti, S.Pd., M.Hum.

MENTOR

Ivan Andremaulana

GURU SEKOLAH

Ichwan Aryono, S.Pd., M.Pd.Si.

**SISWA DIVISI
HARDWARE**

Kamila Y Wardhana
Dzaki Putra Indrastata
Primandiri Naufal Akbar
Alexa Lionyda Wijaya
Rafael Bentara D.

Dari profil aluminium, sampai berdiri berbatik

Sebelum RoLi bisa bicara, ia butuh tubuh yang berdiri stabil, kuat menopang dua layar, dan tahan dipindah-pindah. Ini rekonstruksi materi 8 pertemuan Tim Hardware, mulai dari membaca datasheet komponen sampai robot berdiri lengkap berpakaian adat Yogyakarta, untuk **5 siswa** yang merancang & merakitnya dari nol.

01 Pembukaan

02 Spesifikasi

03 Rancangan & BOM

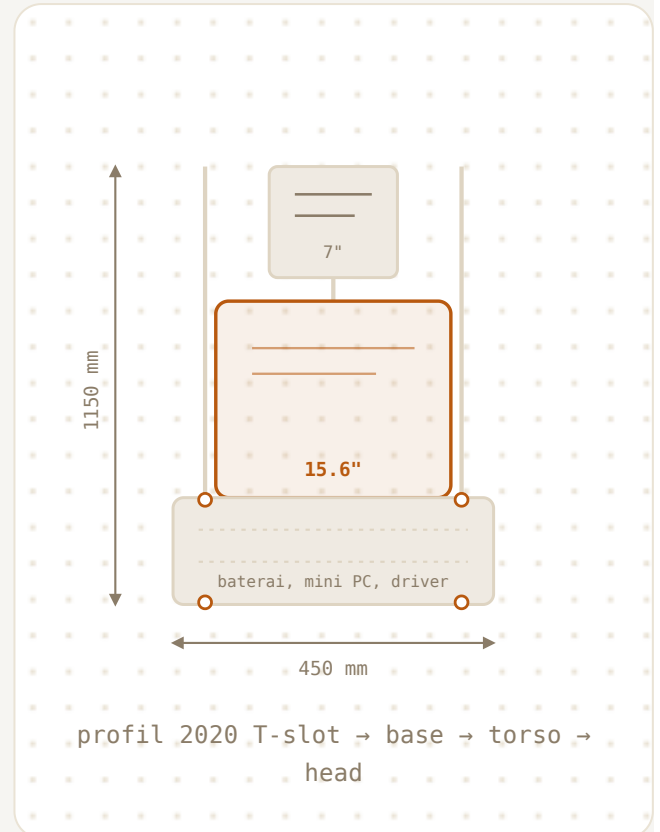
04 Rakit Komponen

05 Desain Kerangka

06 Rakit Kerangka

07 Integrasi

08 Finishing



Kata Pengantar

Modul ini disusun sebagai bahan pengantar bagi siswa Tim Hardware, untuk dibaca sebelum memulai kegiatan praktik dalam program mentoring RoboLingua (RoLi), kerja sama Program Studi Linguistik Terapan Universitas Negeri Yogyakarta dengan SMA Negeri 3 Yogyakarta. Selain belajar robotika, program ini juga menghadirkan pertukaran bahasa dan budaya secara langsung lewat kunjungan penutur asli bahasa Prancis, Luis, di beberapa pertemuan.

Sebelum tangan mulai memegang obeng dan kabel, penting untuk memahami dulu gambaran besar tugas Tim Hardware: menerjemahkan rancangan robot menjadi kerangka fisik yang berdiri, bergerak, dan siap menyampaikan suara RoLi kepada anak-anak. Modul ini membahas delapan pertemuan secara berurutan, mulai dari mengenal komponen dasar robotika hingga merakit RoLi menjadi bentuk akhirnya.

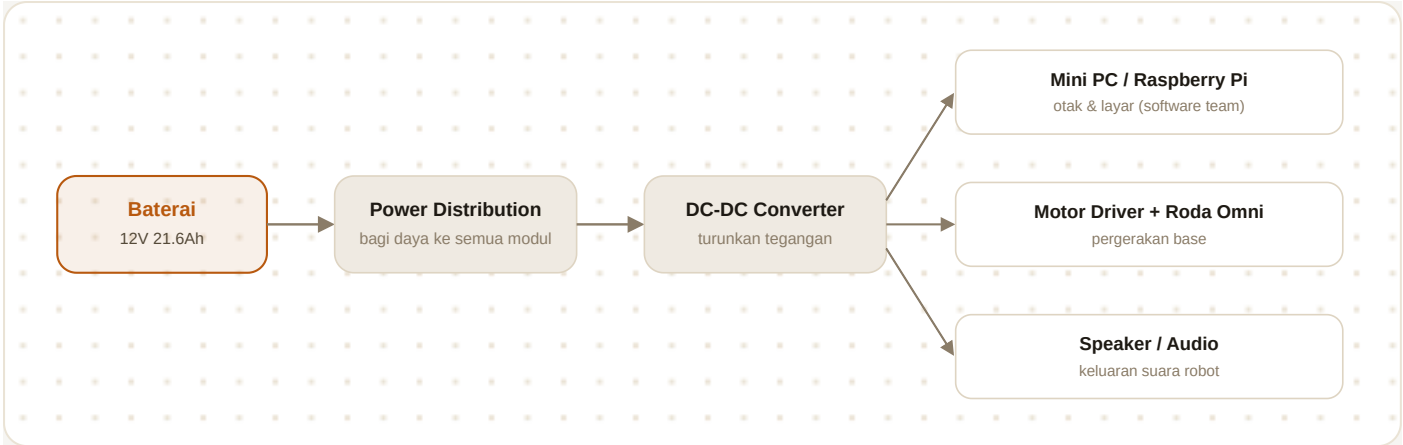
Setiap pertemuan disusun dengan tujuan pembelajaran, konsep kunci, alat & bahan, aktivitas hands-on, serta pertanyaan refleksi, supaya modul ini bisa langsung dipakai sebagai panduan belajar sebelum praktik dimulai. Selamat membaca, dan selamat memulai perjalanan merakit RoLi.

Daftar Isi

- 01 Kata Pengantar
- 02 Satu Tubuh, Tiga Bagian
- 03 Pertemuan 1: Pembukaan & Brainstorming
- 04 Pertemuan 2: Membaca Kebutuhan & Spesifikasi Komponen
- 05 Pertemuan 3: Rancangan Sistem & Rencana Pembelian
- 06 Pertemuan 4: Analisis & Perakitan Komponen
- 07 Pertemuan 5: Desain Kerangka Robot & RAB
- 08 Pertemuan 6: Perakitan Kerangka Robot
- 09 Pertemuan 7: Integrasi Hardware ke Kerangka
- 10 Pertemuan 8: Finishing, Menghias Robot

Satu tubuh, tiga bagian

Bagaimana daya & data mengalir di dalam tubuh RoLi: dasar yang dipetakan di Pertemuan 3, dirakit fisiknya di Pertemuan 5–7.



Tinggi total	Berat estimasi	Material rangka	Head DOF
1150 mm	18–22 kg	Aluminium T-slot 2020	2 (yaw & pitch)

01 Pembukaan & Brainstorming

Tujuan Pembelajaran

Sama seperti divisi lain: siswa memahami gambaran besar RoLi dan peta 8 pertemuan ke depan, kali ini dari sudut pandang tubuh fisik robot yang akan menopang semuanya.

Konsep Kunci

Bentuk mengikuti fungsi: kerangka robot bukan sekadar wadah, tapi harus mendukung apa yang dilakukan robot.

Penjelasan Lengkap

Sebelum satu batang profil aluminium pun dipotong, Tim Hardware harus menjawab pertanyaan yang lebih mendasar dari "seperti apa bentuknya": *tubuh ini akan menopang apa saja, dan bagaimana caranya tetap berdiri saat menopangnya?* RoLi bukan patung: di dalam tubuhnya ada baterai seberat beberapa kilogram, dua layar, motor, komputer mini, dan puluhan meter kabel yang semuanya harus muat, aman, dan bisa dijangkau lagi kalau suatu saat rusak.

Kenapa "bentuk mengikuti fungsi" bukan sekadar slogan

Dalam dunia desain produk maupun rekayasa, prinsip *form follows function* berarti keputusan bentuk (tinggi, lebar, proporsi kepala-badan-kaki) baru boleh diambil setelah tahu persis apa yang harus ditopang tubuh itu dan bagaimana cara kerjanya. Robot semi-humanoid seperti RoLi punya batasan ekstra: bentuknya harus menyerupai manusia (supaya ramah & akrab dilihat anak-anak), tapi setiap bagian dalamnya harus benar-benar dipikirkan tempatnya dari sudut pandang teknik, bukan sekadar estetika.

Peta 8 pertemuan yang akan dilalui

Delapan pertemuan ke depan pada dasarnya bergerak dari abstrak ke konkret: dimulai dari kebutuhan (Pertemuan 2), diterjemahkan jadi rancangan sistem & daftar belanja (Pertemuan 3), diuji komponen per komponen (Pertemuan 4), didesain jadi kerangka fisik lengkap dengan hitungan biaya (Pertemuan 5), dirakit (Pertemuan 6), diisi dengan elektronik & kabel (Pertemuan 7), dan akhirnya diberi identitas visual (Pertemuan 8). Tiap langkah sengaja dibangun di atas keputusan pertemuan sebelumnya. Kalau kebutuhan di Pertemuan 2 salah, seluruh rantai keputusan sesudahnya ikut goyah.

Jurang yang perlu diwaspadai

Kesalahan paling umum tim pemula: langsung menggambar bentuk robot yang "keren" sebelum tahu ukuran & berat komponen yang harus masuk ke dalamnya. Hasilnya, di tengah jalan baru sadar bahwa baterai tidak muat di base yang sudah didesain, atau robot yang tampak gagah di atas kertas ternyata gampang terguling karena titik beratnya terlalu tinggi.

Pertemuan-pertemuan berikutnya akan menunjukkan bagaimana Tim Hardware menghindari jurang ini, dengan sengaja mengurutkan: kebutuhan dulu, baru bentuk.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Proses ini persis dengan tahap awal siklus rekayasa (engineering design process) yang diajarkan lintas mata pelajaran: identifikasi kebutuhan, batasan (constraints), lalu baru solusi bentuk, bukan sebaliknya.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Brainstorming di awal proyek rekayasa menentukan batasan & target yang akan dipegang sepanjang proses desain, kebiasaan yang dipakai di semua proyek konstruksi/manufaktur.

Alat & Bahan

papan tulis

diskusi kelompok

Aktivitas Hands-on

1. Diskusi: seperti apa bentuk fisik RoLi yang diinginkan?
2. Mentor memaparkan gambaran besar tubuh robot: kepala, torso, base.

Hasil / Tolok Ukur

✓ Siswa bisa menyebutkan 3 bagian utama tubuh RoLi dan fungsi kasarnya.

Kalau kamu merancang tubuh robot dari nol, bagian mana yang paling penting untuk dipikirkan lebih dulu?

02 Membaca Kebutuhan & Spesifikasi Komponen

Tujuan Pembelajaran

Siswa bisa menerjemahkan kebutuhan fungsional robot menjadi spesifikasi komponen yang konkret dan terukur.

Konsep Kunci

Datasheet: dokumen teknis yang mencantumkan batas kemampuan komponen: tegangan, arus, dimensi, dan lainnya.

Kebutuhan → spesifikasi: menerjemahkan "robot harus berdiri stabil" jadi angka konkret seperti berat maksimum & posisi pusat massa.

Penjelasan Lengkap

Setiap komponen elektronik punya "buku panduan resmi" bernama datasheet, lembar data yang berisi angka-angka batas: berapa volt maksimum yang boleh masuk, berapa ampere arus yang ditarik, berapa berat, berapa ukuran fisiknya. Kemampuan membaca datasheet adalah keterampilan paling dasar sebelum membeli satu pun komponen untuk RoLi.

Dari kalimat ke angka

Kalimat seperti "robot harus berdiri stabil" terdengar jelas secara bahasa, tapi tidak bisa langsung dibelikan komponen. Kalimat itu harus diterjemahkan jadi angka konkret: berapa kilogram berat maksimum total robot, di ketinggian berapa titik beratnya boleh berada, berapa ampere yang dibutuhkan motor supaya kuat menggerakkan roda membawa beban itu. Proses menerjemahkan kebutuhan kualitatif ("stabil", "kuat", "tahan lama") menjadi spesifikasi kuantitatif (kg, A, mm, jam) inilah yang dipelajari di pertemuan ini, dan akan dipakai berulang-ulang di setiap keputusan pembelian sepanjang proyek.

Kenapa baterai jadi acuan utama

RoLi memakai baterai 12V 21.6Ah (susunan 3S8P), angka ini sendiri sudah menyimpan cerita: "3S" berarti tiga sel disusun seri untuk mencapai tegangan 12V, "8P" berarti delapan kelompok sel disusun paralel untuk mencapai kapasitas 21.6Ah. Semua komponen lain (motor, mini PC, layar) spesifikasinya harus dicocokkan supaya bisa hidup dari sumber daya 12V ini, baik langsung maupun lewat DC-DC converter yang menurunkan tegangannya.

Jurang yang perlu diwaspadai

Membeli komponen hanya berdasar harga termurah tanpa mengecek datasheet adalah jurang klasik: motor yang "kelihatannya cukup kuat" bisa ternyata butuh arus lebih besar dari yang sanggup disuplai power distribution board, membuat motor lemah atau bahkan merusak komponen lain saat dibebani penuh.

Kebiasaan mengecek datasheet dulu sebelum membeli akan langsung dipakai di Pertemuan 3 saat menyusun daftar belanja (BOM) yang sesungguhnya.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Ini adalah bentuk nyata dari elemen Sistem Komputer (SK) pada Informatika SMA: memahami bagaimana spesifikasi perangkat keras (tegangan, arus, kapasitas) menentukan apa yang bisa dan tidak bisa dilakukan sebuah sistem.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Membaca dokumen teknis dan menerjemahkan kebutuhan pengguna jadi spesifikasi terukur adalah keterampilan inti di semua bidang rekayasa, bukan cuma robotika.

Alat & Bahan

datasheet motor

datasheet baterai

datasheet layar

Aktivitas Hands-on

1. Latihan membaca datasheet komponen kandidat.
2. Diskusi kelompok menyusun daftar kebutuhan vs spesifikasi.

Hasil / Tolok Ukur

- ✔ Daftar kebutuhan-vs-spesifikasi untuk komponen utama RoLi: layar, baterai, motor, komputer mini.

Spesifikasi mana yang paling menentukan sukses atau gagalnya robot berdiri stabil?

03 Rancangan Sistem & Rencana Pembelian

Tujuan Pembelajaran

Siswa bisa menyusun gambaran sistem hardware secara keseluruhan dan rencana belanja komponen.

Konsep Kunci

Block diagram sistem: peta bagaimana tiap komponen saling terhubung mengalirkan daya (lihat diagram di atas).

Bill of Materials (BOM): daftar semua komponen yang dibutuhkan lengkap dengan jumlah & perkiraan harga.

Penjelasan Lengkap

Sebelum uang dikeluarkan untuk membeli satu komponen pun, Tim Hardware harus punya peta lengkap: bagaimana daya mengalir dari baterai sampai ke tiap bagian robot, dan berapa total biaya untuk mewujudkannya. Dua dokumen ini, block diagram dan BOM, adalah "kontrak" yang disepakati tim sebelum belanja dimulai.

Block diagram: peta aliran daya & data

Diagram di bagian atas halaman ini (baterai → power distribution → DC-DC converter → mini PC/motor driver/speaker) adalah hasil nyata dari pertemuan ini. Diagram semacam ini memaksa tim berpikir sistem secara utuh sebelum tenggelam dalam detail satu komponen: kalau ada cabang yang belum jelas asal dayanya, itu tanda ada keputusan yang belum selesai.

BOM: dari gambar ke angka rupiah

Bill of Materials (BOM) adalah daftar setiap komponen yang dibutuhkan, lengkap dengan jumlah dan estimasi harga. BOM yang baik diturunkan langsung dari block diagram: setiap kotak di diagram harus punya baris di BOM. Kebiasaan ini penting karena anggaran proyek pendidikan seperti RoLi selalu terbatas; BOM yang rapi memudahkan

melihat komponen mana yang "wajib" dan mana yang "boleh ditunda" kalau dana terbatas.

Jurang yang perlu diwaspadai

Tim yang langsung belanja tanpa block diagram sering berakhir membeli komponen yang tidak kompatibel satu sama lain, misalnya konektor yang berbeda jenis, atau tegangan output satu modul yang tidak cocok dengan tegangan input modul berikutnya, dan baru sadar setelah barang sampai.

Menyusun diagram dulu, baru BOM, adalah urutan yang sengaja dipegang di pertemuan ini supaya kesalahan semacam itu tertangkap di atas kertas, bukan di kartu pembayaran.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Menyusun BOM dari diagram sistem adalah bentuk sederhana *project costing*, praktik yang sama dipakai di proyek konstruksi, manufaktur, bahkan produksi film, jauh di luar dunia robotika.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Menyusun BOM dan mempertimbangkan ketersediaan/anggaran adalah dasar manajemen proyek rekayasa di dunia nyata, dipakai jauh di luar robotika.

Alat & Bahan

whiteboard

daftar harga komponen

Aktivitas Hands-on

1. Bikin diagram blok sistem hardware RoLi bersama.
2. Susun draf daftar belanja komponen (BOM awal).

Hasil / Tolok Ukur

- ✓ Block diagram sistem hardware RoLi dan draf BOM awal siap dipakai untuk belanja.

Kalau anggaran dipotong separuh, komponen mana yang tetap wajib ada?

04 Analisis & Perakitan Komponen

Tujuan Pembelajaran

Siswa memahami & menguji komponen yang sudah dibeli, lalu merakitnya jadi sub-modul kecil.

Konsep Kunci

Pengecekan sebelum instalasi: menguji tiap komponen sendiri-sendiri sebelum dipasang permanen.

Wiring dasar: polaritas, terminal, dan cara menyambung kabel dengan aman.

Penjelasan Lengkap

Komponen yang baru datang dari toko tidak langsung dipasang ke kerangka. Sebelum itu, setiap komponen harus lolos dulu satu pemeriksaan sederhana tapi krusial: apakah ia benar-benar hidup dan berfungsi seperti yang dijanjikan datasheet-nya?

Kenapa uji dulu, pasang belakangan

Kalau motor, driver, dan power distribution board langsung dibaut permanen ke kerangka sebelum diuji, dan ternyata salah satu di antaranya cacat pabrik atau salah sambung, mencari sumber masalahnya jadi jauh lebih sulit, karena harus membongkar kerangka yang sudah tersusun rapi. Menguji tiap komponen secara terpisah dulu (motor+driver diuji sendiri, power board diuji sendiri) membuat kesalahan mudah diisolasi: kalau motor tidak berputar saat diuji sendirian, masalahnya pasti ada di motor atau drivernya, bukan di seratus kemungkinan lain di seluruh sistem.

Dasar wiring: polaritas & terminal

Di titik ini siswa juga belajar dasar kelistrikan praktis: membedakan kutub positif & negatif, membaca label terminal pada power distribution board, dan menggunakan multimeter untuk mengecek tegangan sebelum menyalakan apa pun. Kesalahan polaritas, yaitu memasang kabel positif dan negatif tertukar, adalah salah satu penyebab paling umum komponen elektronik rusak permanen pada percobaan pertama.

Jurang yang perlu diwaspadai

Tergesa-gesa langsung merakit semua komponen sekaligus tanpa uji satu-satu adalah jurang yang sering menjebak tim yang ingin cepat melihat "robot jadi". Kalau kombinasi banyak komponen gagal menyala bersamaan, waktu yang dibutuhkan untuk mencari komponen mana yang bermasalah bisa berkali-kali lipat dibanding kalau diuji terpisah sejak awal.

Prinsip ini sama persis dengan yang dipegang Tim Software: menguji modul kecil satu per satu (STT sendiri, TTS sendiri) sebelum menyambungkannya jadi satu alur besar.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Kebiasaan "isolasi kesalahan" ini adalah bentuk Berpikir Komputasional (BK) yang diterapkan di dunia fisik: memecah masalah besar jadi bagian-bagian kecil yang lebih mudah diuji dan dipahami satu per satu.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Kedisiplinan menguji-sebelum-pasang adalah kebiasaan keselamatan & kualitas yang dipakai di semua perakitan elektronik, dari prototipe sampai produk massal.

Alat & Bahan

motor + driver

power distribution board

multimeter

solder

Aktivitas Hands-on

1. Cek fungsi tiap komponen satu per satu.
2. Rakit sub-sistem kecil (motor+driver, power board).
3. Uji hidup/mati sebelum lanjut ke tahap kerangka.

Hasil / Tolok Ukur

- ✓ Sub-modul (motor+driver, power distribution) sudah teruji berfungsi sebelum dipasang ke kerangka.

Kenapa lebih baik menguji komponen satu-satu daripada langsung merakit semuanya sekaligus?

05 Desain Kerangka Robot & RAB

Tujuan Pembelajaran

Siswa bisa merancang kerangka fisik dengan mempertimbangkan fungsi, kompatibilitas komponen, dan estetika, sekaligus menyusun RAB.

Konsep Kunci

Desain modular T-slot: profil aluminium yang mudah dibongkar-pasang & diubah ukurannya.

Pusat gravitasi rendah: komponen paling berat (baterai) ditaruh di base supaya robot tidak mudah terguling.

RAB: Rencana Anggaran Biaya, diturunkan langsung dari hasil desain.

Penjelasan Lengkap

Pertemuan ini adalah titik pertemuan langsung antara pelajaran fisika di kelas dan robot yang sedang dibangun. Desain kerangka RoLi (tinggi 1150 mm, berat 18–22 kg, baterai paling berat justru diletakkan paling bawah) bukan keputusan selera, melainkan hasil perhitungan kesetimbangan benda tegar yang persis dipelajari di Fisika Kelas 11.

Kenapa baterai ditaruh di base, bukan di torso atau kepala

Sebuah benda dikatakan stabil (tidak mudah terguling) kalau garis vertikal yang ditarik dari titik pusat massanya jatuh di dalam area tumpuan (base of support): dalam kasus RoLi, area yang dibatasi keempat roda di base seluas 450×400 mm. Semakin rendah posisi titik pusat massa, semakin besar sudut kemiringan yang dibutuhkan sebelum garis itu keluar dari area tumpuan dan robot benar-benar terguling. Karena baterai 12V 21.6Ah adalah komponen paling berat di seluruh robot, menaruhnya di base, serendah mungkin, adalah cara paling efektif menurunkan titik pusat massa keseluruhan robot, jauh lebih efektif daripada memperlebar base itu sendiri.

Desain modular T-slot: kenapa dipilih dibanding las permanen

Profil aluminium T-slot 2020 memungkinkan sambungan dibongkar-pasang memakai bracket & baut, bukan dilas permanen. Untuk proyek pendidikan yang desainnya masih mungkin berubah di tengah jalan (seperti terbukti nanti di Pertemuan 7 saat kabel harus dirapikan), kemampuan membongkar & menyusun ulang kerangka tanpa merusak strukturnya adalah keunggulan yang jauh lebih berharga dibanding kekuatan ekstra dari sambungan las.

Jurang yang perlu diwaspadai

Godaan terbesar di tahap desain adalah mengejar tampilan yang tinggi & ramping dulu, baru memikirkan stabilitas belakangan. Robot yang didesain dari atas ke bawah tanpa mempertimbangkan di mana komponen berat akan diletakkan sangat berisiko jadi "top-heavy": gampang terguling walau hanya tersenggol sedikit atau berjalan di permukaan yang tidak rata.

Karena itu Pertemuan 5 sengaja menggabungkan desain bentuk dan penempatan komponen berat dalam satu proses yang sama, bukan dua langkah terpisah.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Ini penerapan langsung materi "Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar" di Fisika Kelas 11 Kurikulum Merdeka. Prinsip yang sama menjelaskan kenapa forklift punya badan rendah & berat di bagian bawah, kenapa mobil balap dibuat serendah mungkin ke tanah, dan kenapa manusia secara naluriah merendahkan badan & melebarkan kaki saat membawa beban berat.

DESAIN KERANGKA ROBOT SEMIHUMANOID

MATERIAL : ALUMINIUM PROFILE T-SLOT 2020



SPESIFIKASI UKURAN

Tinggi Total	1150 mm
Lebar Base	450 mm
Panjang Base	400 mm
Tinggi Base	320 mm
Lebar Torso	365 mm
Tinggi Torso	480 mm
Ukuran Head	220 x 180 mm
Berat (estimasi)	± 18 - 22 kg

KOMPONEN UTAMA

HEAD

- Layar 7 inch
- bracket 2 DOF (Yaw & Pitch)

TORSO

- Layar 15,6 inch
- Mount VESA 75x75 / 100x100

BASE

- Baterai 12V 21.6Ah (3S8P)
- Mini PC / Raspberry Pi
- Motor Driver
- Power Distribution Board
- DC-DC Converter
- Speaker / Audio
- Roda Omni / Mecanum

MATERIAL

- Aluminium Profile T-SLOT 2020
- Plat Aluminium 2mm (mounting)

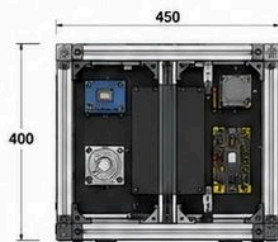
FINISHING

- Panel Acrylic / ACP Hitam
- Cable Management

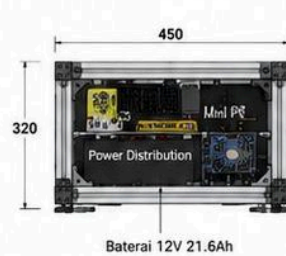
ISOMETRI 3D



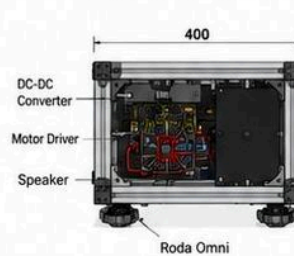
TOP VIEW (ATAS)



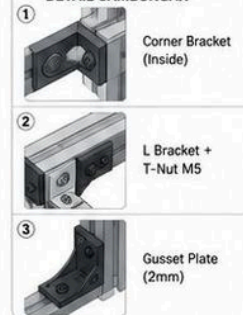
PENAMPANG A-A (DEPAN)



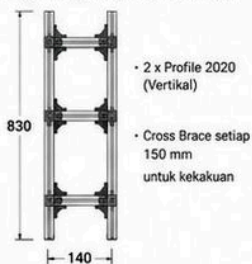
PENAMPANG B-B (SAMPIING)



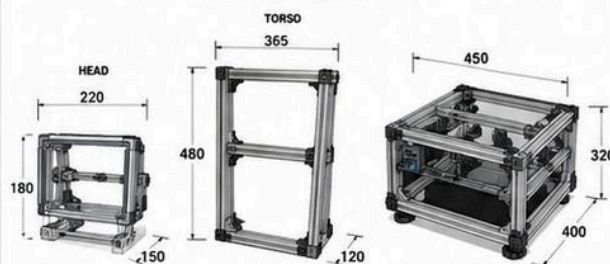
DETAIL SAMBUNGAN



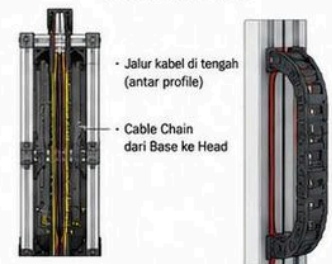
STRUKTUR SPINE (TULANG TENGAH)



UKURAN TIAP BAGIAN



MANAJEMEN KABEL



CATATAN DESAIN

- Desain ini mengutamakan stabilitas dengan pusat gravitasi rendah (semua komponen berat di base).
- Aluminium Profile 2020 cukup kuat untuk beban layar dan komponen elektronik.
- Mudah dibongkar pasang dan di-upgrade.
- Panel luar bisa ditambahkan sesuai kebutuhan untuk tampilan lebih humanoid.

SATUAN : mm

Hasil nyata Pertemuan 5: desain kerangka RoLi, tinggi total 1150 mm, base 450×400×320 mm, torso 365×480 mm (layar 15,6", mount VESA), head 220×180 mm (layar 7", 2 DOF yaw & pitch), berat estimasi 18-22 kg. Material: profil aluminium T-slot 2020.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Menurunkan anggaran biaya langsung dari gambar desain adalah bentuk sederhana dari *project costing*, keterampilan yang dipakai di hampir semua proyek konstruksi & manufaktur.

Alat & Bahan

software desain 3D

profil T-slot 2020

daftar harga bracket

Aktivitas Hands-on

1. Rancang kerangka head-torso-base sesuai target dimensi.
2. Tentukan jenis sambungan: corner bracket, L-bracket+T-nut, gusset plate.
3. Hitung RAB dari kebutuhan profil & aksesoris.

Kenapa komponen paling berat (baterai) sengaja ditaruh di bagian paling bawah robot?

06 Perakitan Kerangka Robot

Tujuan Pembelajaran

Siswa bisa merakit kerangka fisik sesuai desain yang telah dibuat di Pertemuan 5.

Konsep Kunci

Teknik sambungan profil: corner bracket, L-bracket+T-nut M5, dan gusset plate untuk tiap jenis sambungan.

Cross brace: penguat silang yang dipasang tiap 150 mm di sepanjang tulang tengah (spine) untuk mencegah goyang.

Penjelasan Lengkap

Desain di atas kertas dari Pertemuan 5 sekarang harus benar-benar berdiri sebagai benda fisik. Di sinilah kualitas sambungan menentukan apakah kerangka nanti kokoh atau justru goyang setiap kali robot bergerak.

Tiga jenis sambungan, tiga fungsi berbeda

Corner bracket dipakai di sudut-sudut utama tempat dua profil bertemu tegak lurus dan butuh kekuatan besar. L-bracket dengan T-nut M5 dipakai untuk sambungan yang lebih fleksibel posisinya di sepanjang alur profil. Gusset plate, yaitu pelat penguat segitiga, dipakai di titik-titik yang menahan beban lebih besar atau rawan bergoyang. Memilih jenis sambungan yang tepat untuk tiap titik, bukan memakai satu jenis untuk semuanya, adalah keterampilan yang dipelajari langsung dari pengalaman merakit di pertemuan ini.

Cross brace: kenapa dipasang tiap 150 mm

Cross brace adalah batang penguat yang dipasang menyilang di sepanjang spine (tulang tengah kerangka) setiap 150 mm. Tanpa cross brace, sebuah rangka persegi panjang dari profil lurus sangat mudah "racking": berubah bentuk jadi jajaran genjang saat didorong dari samping, walau tiap sambungannya sendiri kuat. Menambahkan elemen menyilang mengubah rangka jadi rangkaian segitiga, dan segitiga adalah satu-satunya bentuk poligon yang tidak bisa berubah bentuk tanpa mengubah panjang sisi-sisinya. Inilah sebabnya cross brace secara drastis mengurangi goyangan struktur.

Jurang yang perlu diwaspadai

Mengencangkan semua baut sekuat-kuatnya di awal, sebelum seluruh kerangka disusun & diperiksa kelurusannya, adalah kesalahan umum yang membuat kerangka jadi miring secara permanen, karena begitu satu sambungan dikencangkan penuh, posisi profil di sekitarnya sulit digeser lagi untuk dikoreksi.

Urutan yang lebih aman: susun & kencangkan longgar dulu di semua sambungan, periksa kelurusan & kesikuan keseluruhan kerangka, baru kencangkan penuh dari titik tengah ke arah luar.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Prinsip segitiga-sebagai-bentuk-paling-kaku ini dipakai di mana-mana: rak besi di gudang, perancah (scaffolding) proyek bangunan, sampai rangka jembatan rel, semuanya memakai elemen menyilang demi alasan struktural yang sama.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Mengikuti urutan perakitan yang aman & efisien, bukan asal cepat, adalah kebiasaan kerja yang menentukan kualitas hasil akhir di bidang manufaktur apa pun.

Alat & Bahan

profil T-slot 2020

bracket & T-nut M5

kunci L / obeng

Aktivitas Hands-on

1. Rakit kerangka head, torso, dan base secara terpisah.
2. Pasang cross brace di sepanjang spine.
3. Gabungkan ketiga bagian jadi satu kerangka utuh.

Hasil / Tolok Ukur

- ✓ Kerangka fisik head-torso-base berdiri kokoh, sesuai dimensi desain Pertemuan 5.

Bagian sambungan mana yang paling menentukan kekuatan keseluruhan kerangka?

07 Integrasi Hardware ke Kerangka

Tujuan Pembelajaran

Siswa bisa memasang seluruh komponen elektronik ke kerangka dengan penempatan dan manajemen kabel yang rapi.

Konsep Kunci

Penempatan berdasar berat/fungsi: baterai & power di base demi stabilitas, layar & speaker di torso, kamera/layar kecil di head.

Cable management: cable chain untuk bagian yang bergerak (base ke head), jalur kabel di tengah profil supaya rapi & aman.

Penjelasan Lengkap

Kerangka yang sudah berdiri kokoh sekarang harus diisi dengan "isi"-nya: setiap komponen elektronik yang diuji di Pertemuan 4 dipasang ke posisi final, dan setiap kabel yang menghubungkannya harus tertata rapi, aman, dan yang paling penting: bisa dijangkau lagi nanti.

Penempatan bukan cuma soal muat, tapi soal berat & fungsi

Prinsip dari Pertemuan 5, yaitu komponen berat di bawah, dipakai lagi di sini secara konkret: baterai & power distribution tetap di base, layar & speaker di torso karena posisinya perlu terlihat & terdengar user, sementara layar kecil kepala butuh kabel yang lentur karena kepala punya 2 DOF (bisa bergerak yaw & pitch). Setiap keputusan penempatan adalah kompromi antara tiga hal: stabilitas, fungsi, dan kemudahan perawatan nanti.

Cable management: pelajaran yang sering diremehkan

Cable chain dipakai khusus untuk kabel yang melewati bagian yang bergerak (dari base ke kepala yang bisa berputar), supaya kabel tidak tertekuk berulang-ulang di titik yang sama. Tekukan berulang adalah penyebab umum kabel putus di dalam pembungkusannya walau kelihatan utuh dari luar. Untuk bagian yang diam, kabel dirapikan lewat jalur di tengah profil T-slot supaya tidak menggantung atau tersangkut saat robot dipindah.

Jurang yang perlu diwaspadai

Kabel yang diikat asal rapi tanpa memberi kelonggaran (slack) di bagian yang bergerak akan tertarik atau putus pelan-pelan setiap kali kepala robot bergerak, dan kerusakan semacam ini sering muncul sebagai "bug aneh" yang hilang-timbul, sangat mirip dengan bug software yang tidak konsisten.

Ini bukan cuma teori: dalam catatan Tim Software sendiri, ada bug nyata di [tts.py](https://github.com/tts/py) di mana perangkat audio HDMI kadang "menghilang" di tengah sesi, kemungkinan besar dipicu koneksi fisik yang longgar, bukan murni kesalahan kode. Kabel yang rapi & aman di sisi hardware secara langsung mengurangi jumlah bug misterius yang harus dikejar tim software.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Merapikan kabel demi kemudahan perbaikan di masa depan adalah bentuk nyata dari prinsip *maintainability* dalam rekayasa, sama pentingnya dengan menulis kode yang mudah dibaca orang lain, hanya versinya dalam bentuk fisik.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Kabel yang rapi & mudah dijangkau adalah bentuk *maintainability*: memudahkan perbaikan di masa depan, bukan cuma soal estetika.

Alat & Bahan

sub-modul dari P4

cable chain

cable ties

Aktivitas Hands-on

1. Pasang layar, mini PC/RasPi, motor driver, power distribution, speaker ke posisi masing-masing.
2. Rapikan & ikat kabel memakai cable chain / jalur tengah profil.

Hasil / Tolok Ukur

- ✓ Seluruh komponen terpasang di kerangka dengan kabel tertata rapi dan aman, robot siap dinyalakan secara fisik.

Kalau nanti ada komponen rusak dan perlu diganti, apakah kabelnya sekarang mudah dijangkau?

08 Finishing: Menghias Robot

Tujuan Pembelajaran

Robot punya tampilan akhir yang mencerminkan identitas budaya RoLi: pakaian adat Yogyakarta.

Konsep Kunci

Estetika mengikuti fungsi: elemen budaya dipasang tanpa menutup akses ke kabel, tombol, atau ventilasi yang masih dibutuhkan.

Penjelasan Lengkap

Setelah tujuh pertemuan berfokus pada fungsi (apakah robot bisa berdiri, kuat, dan berisi komponen yang tertata), pertemuan terakhir ini membalik fokusnya ke identitas: RoLi harus terlihat seperti representasi budaya Yogyakarta, tempat proyek ini lahir, sekaligus tetap menjaga semua yang sudah dibangun tujuh pertemuan sebelumnya.

Estetika sebagai lapisan terakhir, bukan lapisan pertama

Ingat prinsip "bentuk mengikuti fungsi" dari Pertemuan 1? Di sinilah lingkaran itu ditutup: karena bentuk fungsional (kerangka, penempatan komponen, jalur kabel) sudah selesai lebih dulu, elemen budaya (kain batik gagrak Yogyakarta & penutup kepala) bisa dipasang sebagai lapisan luar tanpa harus mengorbankan apa pun yang sudah bekerja di dalamnya. Kalau urutannya dibalik, yaitu desain kostum dulu baru dipaksakan ke kerangka, kemungkinan besar akan muncul konflik: kostum menutup ventilasi, menghalangi kabel, atau menyulitkan akses saat komponen perlu diperbaiki.

Dari "berfungsi" menjadi "hidup"

Pertemuan ini juga momen di mana kerja tiga divisi akhirnya terlihat menyatu sekaligus: foto hasil akhir menunjukkan layar torso menampilkan splash screen RoLi (hasil kerja Tim Software), layar kepala menampilkan pilihan mode online/offline dari `startup_flow.py`, dan semuanya terbungkus dalam identitas visual yang dirancang Tim Hardware. Robot yang tadinya kumpulan komponen elektronik kini punya wajah, pakaian, dan tujuan yang bisa dikenali siapa pun yang melihatnya.

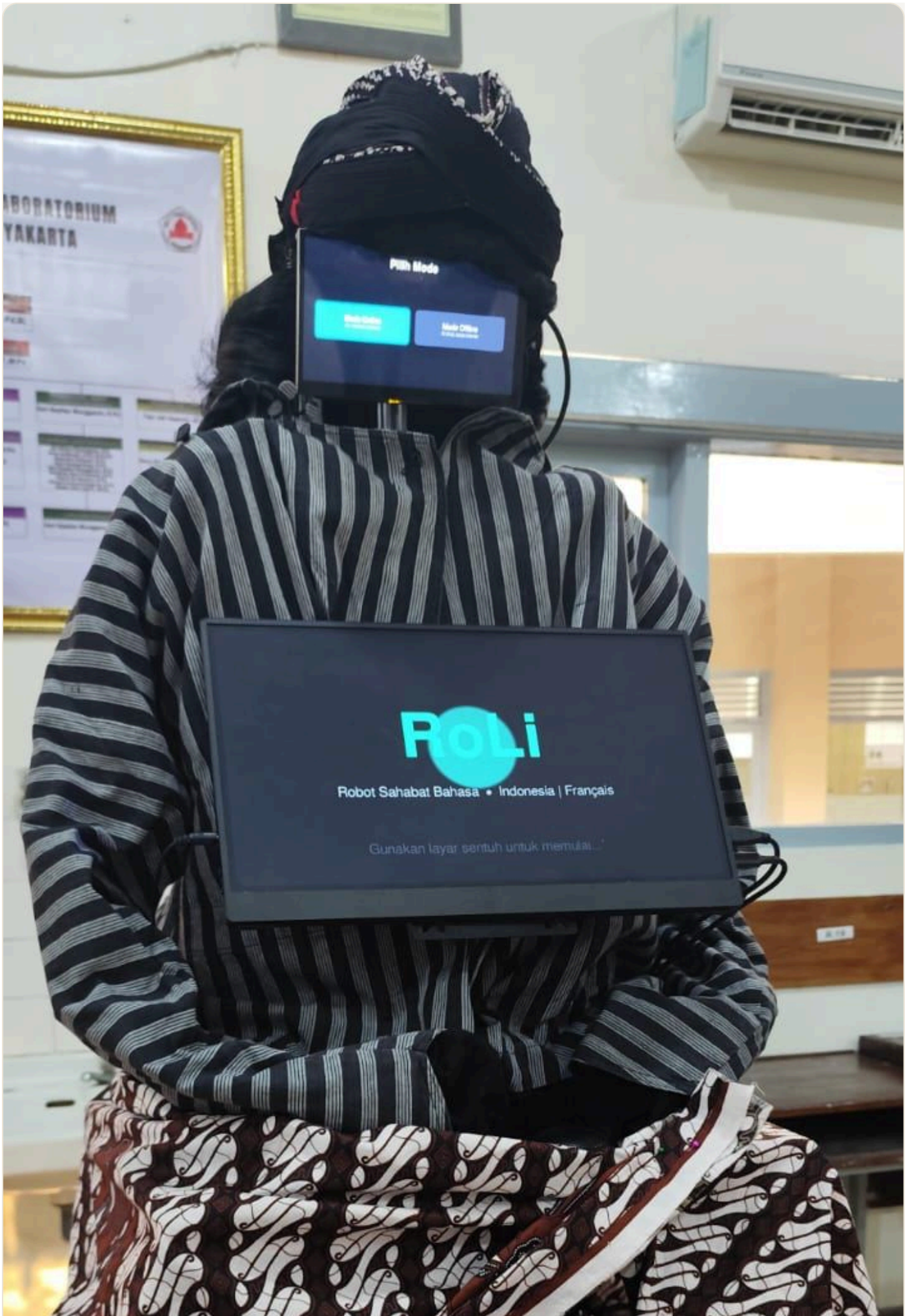
Jurang yang perlu diwaspadai

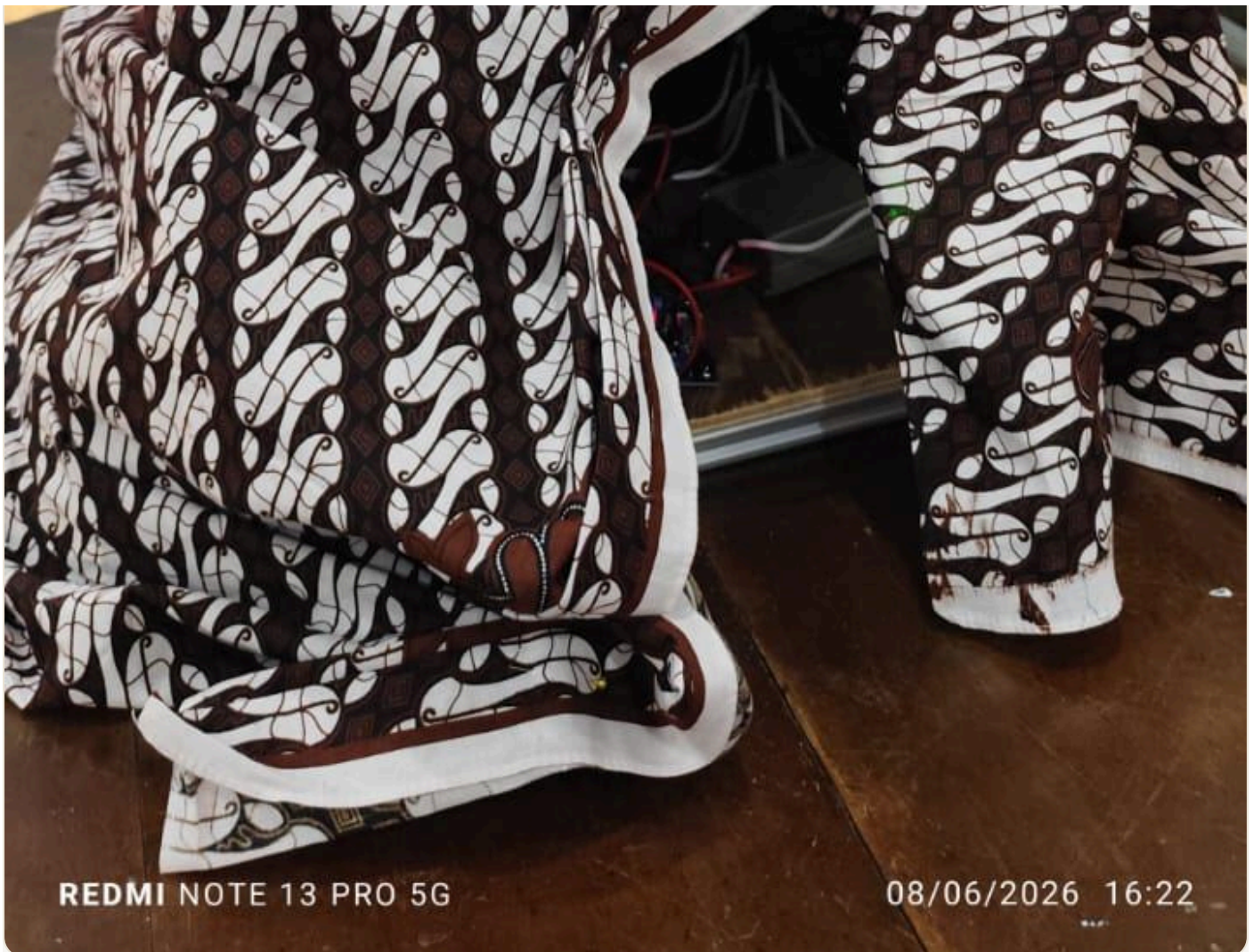
Menjahit atau merekatkan elemen dekoratif secara permanen langsung ke kerangka atau menutup penuh titik akses yang masih dibutuhkan (port pengisian daya, sekrup penutup base, konektor kabel) akan membuat perawatan & perbaikan di masa depan jauh lebih sulit, bahkan bisa memaksa kostum harus dirusak dulu setiap kali ada komponen yang perlu diganti.

Solusinya: gunakan pengait, velcro, atau ikatan yang bisa dilepas-pasang untuk elemen dekoratif, bukan lem atau jahitan permanen ke badan kerangka.

Kaitan dengan pelajaran sekolah

Menyeimbangkan identitas budaya dengan kebutuhan teknis adalah keterampilan desain produk yang jarang diajarkan eksplisit di kelas, tapi menentukan apakah sebuah alat terasa dibuat untuk penggunaanya, persis seperti kenapa RoLi sendiri dirancang bilingual Indonesia-Prancis, bukan cuma berfungsi secara teknis tapi juga terasa relevan secara budaya bagi kedua sekolah yang membangunnya.





Hasil nyata Pertemuan 8: RoLi lengkap berpakaian adat gagrak Yogyakarta. Layar torso menampilkan splash "RoLi: Robot Sahabat Bahasa", layar kepala menampilkan pilihan mode online/offline dari `startup_flow.py`, bukti hardware & software sudah menyatu di titik ini.

Kaitan Kompetensi Lebih Luas

Menyatukan identitas budaya dengan desain teknis tanpa mengorbankan fungsi adalah keterampilan yang jarang diajarkan eksplisit, tapi menentukan apakah sebuah produk terasa "hidup" atau cuma "berfungsi".

Alat & Bahan

kain batik

penutup kepala

Aktivitas Hands-on

1. Pasang kain batik dan penutup kepala ke kerangka.
2. Cek tampilan keseluruhan & pastikan akses ke komponen masih terjaga.

Bagian mana dari pakaian adat yang paling sulit disesuaikan dengan bentuk kerangka robot?