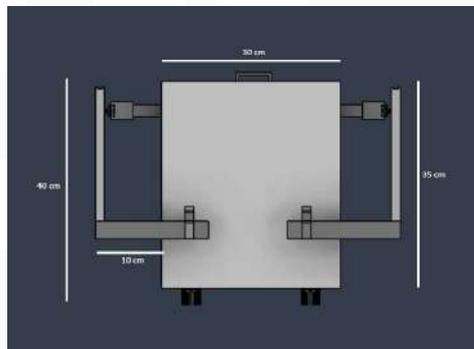


## BAB III

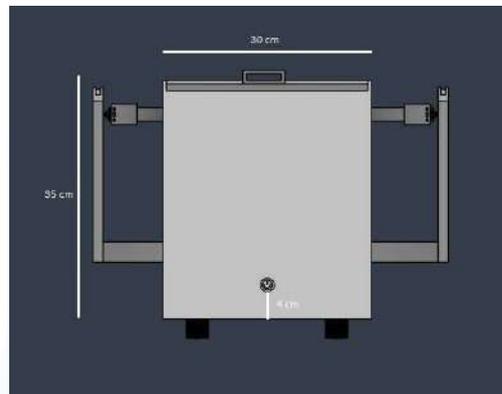
### KONSEP DESAIN DAN IMPLEMENTASI

#### 3.1 Konsep Desain

Konsep desain robot pengumpan dibuat dengan software Autodesk Fusion 360. Desain robot pengumpan dilengkapi dengan 2 lengan yang berfungsi untuk menjepit dan mengangkat tempat sampah, beserta dengan 2 roda yang berfungsi sebagai penggerak utama robot pengumpan. Berikut gambar konsep desain robot pengumpan:

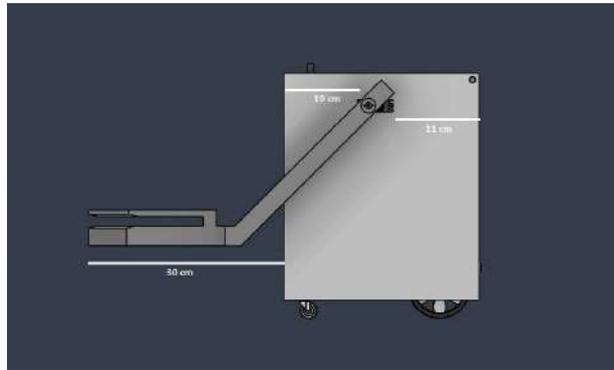


Gambar 3.1 Tampak Depan Robot Pengumpan

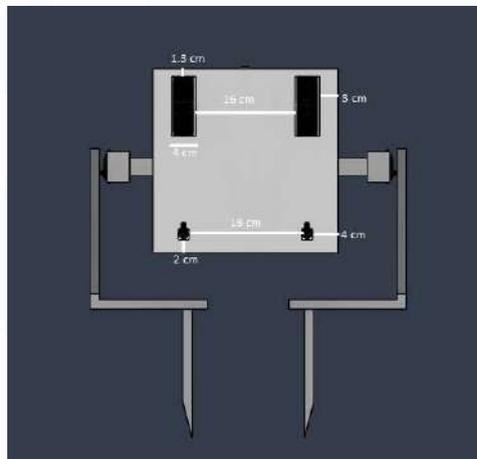


Gambar 3.2 Tampak Belakang Robot Pengumpan

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



Gambar 3.3 Tampak Samping Robot Pengumpan



Gambar 3.4 Tampak Bawah Robot Pengumpan

### 3.2 Bahan dan Komponen

Bahan yang direncanakan terpakai untuk pembuatan dinding dan alas robot pengumpan adalah kayu triplek. Kayu triplek dipilih sebagai bahan dinding robot karena merupakan bahan yang murah dan mudah dibentuk sesuai kebutuhan. Dinding-dinding yang dibuat kemudian akan dipasang menggunakan siku dan baut.

Bahan yang direncanakan terpakai untuk pembuatan lengan robot, gir, dan penyangga lengan robot adalah filamen PLA+ dan filamen PETG. Filamen-filamen tersebut dipilih sebagai bahan lengan robot, gir, dan penyangga lengan robot karena dapat dihasilkan melalui 3D *print* untuk bagian-bagian yang tidak mudah dibentuk melalui tangan manusia.

Bahan yang direncanakan terpakai untuk pembuatan penutup atap robot pengumpan adalah akrilik transparan. Akrilik transparan dipilih sebagai penutup atap robot pengumpan karena dapat terpantaunya kerja perangkat internal meskipun dalam keadaan tertutup. Akrilik transparan tersebut kemudian akan

dipasang menggunakan sebuah engsel pintu dan baut supaya atap dapat dibuka untuk melakukan perbaikan perangkat internal jika dibutuhkan.

Komponen yang direncanakan terpakai dalam robot pengumpan berupa Arduino sebagai mikrokontroler robot, motor servo sebagai penggerak lengan dan *pinion* robot, motor dc sebagai penggerak roda robot, bluetooth transceiver sebagai protokol komunikasi nirkabel, buck converter sebagai penurun tegangan dari baterai, motor driver sebagai pengatur putaran motor DC, dan baterai.

### 3.3 Pembuatan Bagian-Bagian Robot

Pembuatan dinding robot sesuai spesifikasi konsep desain, *power saw* dan bor digunakan untuk pelubangan dinding lalu dihaluskan dengan amplas. Sisi luar dinding kemudian diwarnai hitam. Siku dan baut digunakan untuk penyatuan dinding-dinding dan alas robot. Untuk menyambungkan akrilik pada atap, digunakan engsel pintu dan baut sehingga bagian akrilik dapat dibuka atau ditutup.



Gambar 3.5 Dinding Depan Robot



Gambar 3.6 Dinding Belakang Robot



Gambar 3.7 Dinding Kanan Robot



Gambar 3.8 Dinding Kiri Robot



Gambar 3.9 Alas Robot

Lengan robot dibuat dengan 3D *printer*, namun dibagi menjadi beberapa bagian karena ketidakmampuan 3D *printer* untuk langsung membuat desain yang panjang. Bagian-bagian tersebut disatukan menggunakan lem korea.



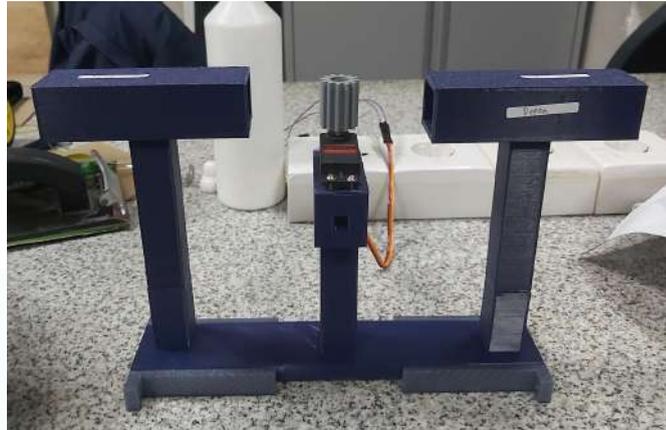
Gambar 3.10 Lengan Kanan Robot



Gambar 3.11 Lengan Kiri Robot

Pada bagian capitan lengan, ditambahkan busa dan kayu triplek bentuk L yang bertujuan untuk menggendong tempat sampah lebih stabil.

Penyangga lengan juga dibuat dengan 3D *printer*, dan dibagi menjadi beberapa bagian karena ketidakmampuan 3D *printer* untuk langsung membuat desain yang panjang. Bagian-bagian tersebut disatukan menggunakan lem korea.



Gambar 3.12 Penyangga Lengan Robot

### 3.4 Perhitungan

Fungsi-fungsi robot dapat diperhitungkan, sebagai pemastian fungsi bekerja sesuai rencana atau sebagai pembanding mengapa perhitungan tidak sesuai dengan hasil akhirnya.

Nilai pertama yang dapat diperhitungkan adalah gaya, terkhusus pada gaya ketika tempat sampah diangkat. Untuk mendapatkan nilai gayanya, perlu diketahui nilai berat tempat sampah dan luas penampang tempat sampahnya. Rumus yang digunakan (Dalam bentuk yang sudah di simplifikasi) untuk memperhitungkan gaya beserta dengan perhitungannya adalah sebagai berikut.

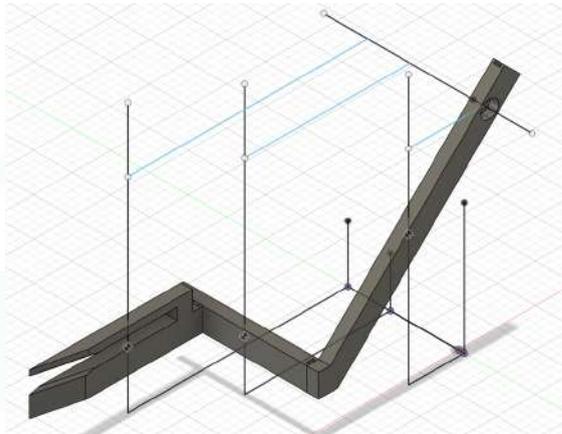
$$F = W_s \cdot \left( \frac{\text{panjang atap} - \text{panjang alas}}{2} \right)$$

$$F = (350 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8) \cdot \left( \frac{0.24 - 0.19}{2} \right)$$

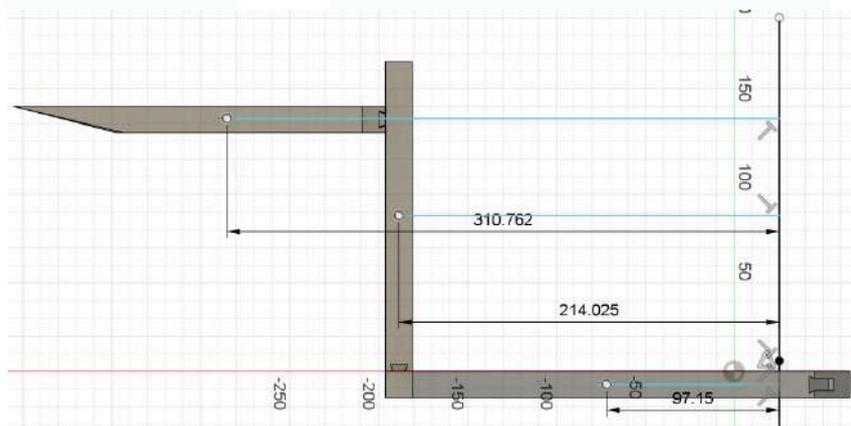
$$F = 3.43 \cdot 0.025$$

$$F = 0.086 \text{ N}$$

Nilai yang dapat diperhitungkan selanjutnya adalah torsi lengan ketika bergerak ke atas untuk mengangkat. Untuk mendapatkan nilai torsi nya, perlu diketahui terlebih dahulu jarak titik pusat massa lengan dengan titik tumpu putaran lengan beserta dengan berat lengan tersebut. Karena bagian dibagi menjadi beberapa bagian, titik pusat massanya juga dibagi menjadi beberapa bagian. Dalam kasus ini, lengan dibagi menjadi 3 bagian. Nilai-nilai tersebut dapat diperoleh menggunakan bantuan software Autodesk Fusion 360.



Gambar 3.13 Jarak Titik Pusat Massa ke Titik Tumpu Putaran (Garis Biru)



Gambar 3.14 Nilai Jarak Titik Pusat Massa ke Titik Tumpu Putaran (Dalam Satuan mm)

Setelah diketahui nilai jarak titik pusat massa ke titik tumpu putarannya, perlu diketahui berat tiap bagian lengannya. Berikut nilai yang diperoleh dari software Autodesk Fusion 360.

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

Area	28028.995 mm <sup>2</sup>
Density	0.002 g / mm <sup>3</sup>
Mass	169.431 g
Volume	1.099E+05 mm <sup>3</sup>

Gambar 3.15 Nilai-nilai Lengan Bagian A (Bagian Capit Lengan)

Area	16827.012 mm <sup>2</sup>
Density	0.002 g / mm <sup>3</sup>
Mass	120.583 g
Volume	78249.699 mm <sup>3</sup>

Gambar 3.16 Nilai Lengan Bagian B (Bagian Tengah Lengan)

Area	31972.528 mm <sup>2</sup>
Density	0.002 g / mm <sup>3</sup>
Mass	219.284 g
Volume	1.423E+05 mm <sup>3</sup>

Gambar 3.17 Nilai Lengan Bagian C (Bagian Lengan Paling Panjang)

Massa bagian-bagian lengan tersebut dikalikan dengan nilai gravitasi (9.8 m/s) supaya diperoleh nilai beratnya (N). Nilai-nilai yang didapatkan juga perlu dikonversikan, seperti panjang jarak dalam satuan mm perlu diganti menjadi satuan m dan massa dalam satuan g perlu diganti menjadi satuan kg. Rumus yang dipakai untuk memperhitungkan torsi (Nm) beserta dengan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$M_y = W_1 \cdot a + W_2 \cdot b + W_3 \cdot c$$

$$M_y = ((169.431 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8) \cdot 310.762 \cdot 10^{-3}) + ((120.583 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8) \cdot 214.025 \cdot 10^{-3}) + ((219.284 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8) \cdot 97.15 \cdot 10^{-3})$$

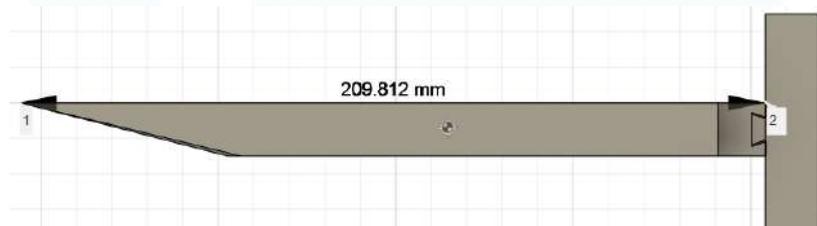
$$M_y = 0.516 + 0.253 + 0.209$$

$$M_y = 0.978 \text{ Nm}$$

Menurut datasheet Servo DS3225, nilai stall torque pada 5.0 V sama dengan 21 kg/cm atau 2.059 Nm. Ketika nilai tersebut dibandingkan dengan nilai torsi yang didapatkan, nilai torsi yang didapatkan masih di dalam jangkauan atau masih lebih kecil daripada nilai stall torque nya, sehingga lengan dapat diangkat oleh servo

Torsi yang dapat diperhitungkan tidak hanya ketika bergerak ke atas untuk mengangkat. Torsi ketika sedang menjepit tempat sampah juga harus diperhitungkan. Torsi yang diperhitungkan berada pada sumbu x ketika menjepit, dan berada pada sumbu z ketika mengangkat sambil menjepit.

Untuk memperhitungkan torsi pada sumbu x, pertama harus diketahui diameter penjepitnya dan nilai gaya yang diberlakukan. Dikarenakan nilai gaya sudah diperhitungkan, nilai yang belum diketahui adalah diameter penjepitnya. Nilai tersebut dapat diperoleh dengan bantuan software Autodesk Fusion 360.



Gambar 3.18 Nilai Diameter Penjepit

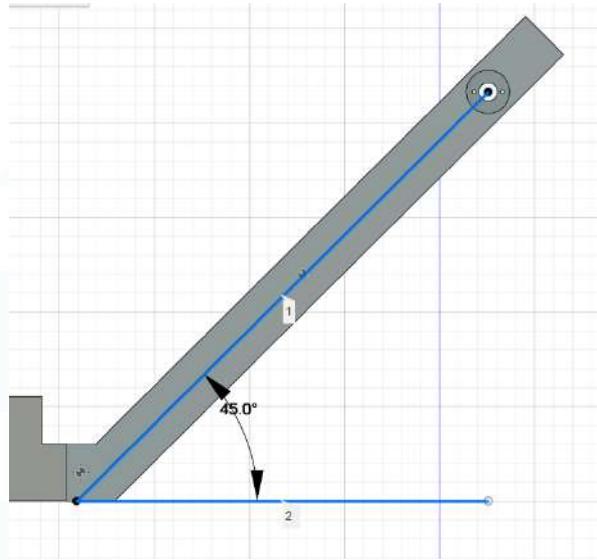
Setelah semua nilai sudah diketahui, nilai-nilai tersebut dapat diperhitungkan menggunakan rumus berikut.

$$M_a = \frac{1}{2} \cdot F \cdot d$$

$$M_a = \frac{1}{2} \cdot 0.086 \cdot 209.812 \cdot 10^{-3}$$

$$M_a = 0.009 \text{ Nm}$$

Untuk memperhitungkan torsi pada sumbu z, pertama harus diketahui diameter penjepitnya, nilai gaya yang diberlakukan, dan sudut yang dibentuk oleh bagian lengan paling panjang. Dikarenakan nilai gaya dan diameter sudah diperhitungkan, nilai yang belum diketahui adalah sudut. Nilai tersebut dapat diperoleh dengan bantuan software Autodesk Fusion 360.



Gambar 3.19 Sudut yang Terbentuk oleh Lengan Robot

Setelah semua nilai sudah diketahui, nilai-nilai tersebut dapat diperhitungkan menggunakan rumus berikut.

$$M_b = \sqrt{\left( (F \cdot l \cos \theta) + \left( \frac{1}{2} \cdot F \cdot d \right) \right)^2 + (F \cdot l \sin \theta)^2}$$

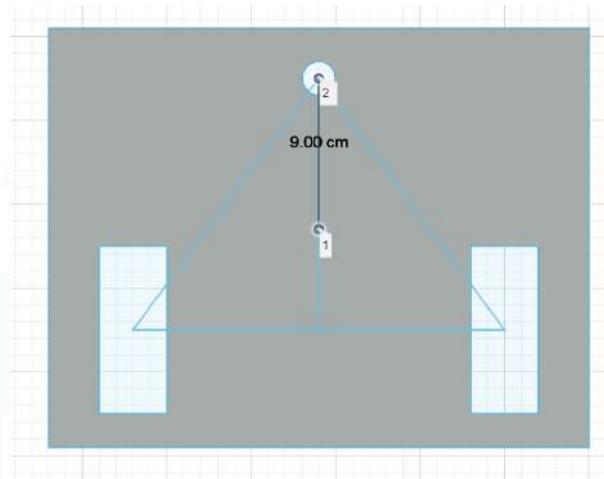
$$M_b = \sqrt{\left( (0.086 \cdot 0.306 \cdot \cos 45) + \left( \frac{1}{2} \cdot 0.086 \cdot 0.209 \right) \right)^2 + (0.086 \cdot 0.306 \cdot \sin 45)^2}$$

$$M_b = \sqrt{(0.019 + 0.009)^2 + (0.019)^2}$$

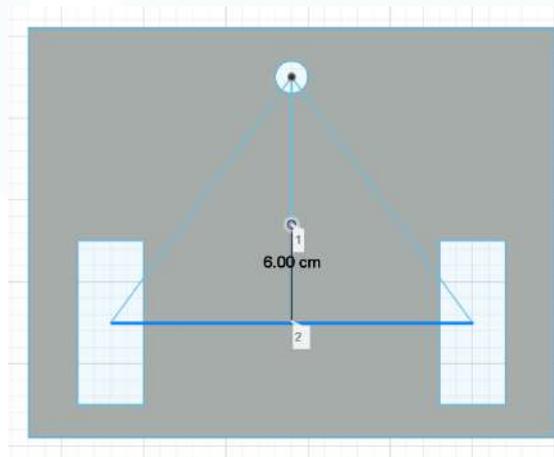
$$M_b = 0.034 \text{ Nm}$$

Berikutnya lokasi penempatan roda harus diperhitungkan supaya roda dapat berjalan disesuaikan dengan beban total robot dan titik pusat massa robot diketahui supaya mencegah jatuhnya robot. Pertama perlu diketahui titik pusat massa keseluruhan robot dan jarak antara titik pusat dengan roda. Berikut rekayasa kasar jarak roda belakang dan depan dengan titik pusat massa robot hasil nyatanya.

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



Gambar 3.20 Jarak Roda Depan dengan Titik Pusat Massa



Gambar 3.21 Jarak Roda Belakang dengan Titik Pusat Massa

Setelah diketahui nilai jarak tersebut, perlu diketahui nilai massa total robot untuk mendapatkan nilai reaksi untuk roda depan dan kedua roda belakang. Melalui pengukuran, diketahui bahwa massa total robot adalah 3.6 kg. Rumus yang dipakai untuk memperhitungkan reaksi (N) roda belakang beserta dengan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$R_b = \frac{W \cdot a}{a+b}$$

$$R_b = \frac{3.6 \cdot 9.8 \cdot 9 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-2}}$$

$$R_b = 21.168 \text{ N}$$

Rumus yang dipakai untuk memperhitungkan reaksi (N) roda depan beserta dengan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$R_a = W \cdot \left( \frac{b}{a+b} \right)$$

$$R_a = 3.6 \cdot 9.8 \cdot \left( \frac{6 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-2}} \right)$$

$$R_a = 14.112 \text{ N}$$

Ketika nilai reaksi roda depan ( $R_a$ ) dan nilai reaksi roda belakang ( $R_b$ ) ditotalkan, nilai yang didapatkan harus sama dengan nilai weight total robot nya ( $W$ ). Ketika kedua nilai sudah sama, maka robot dapat dibuktikan dapat bekerja. Berikut pembuktiannya.

$$R_a + R_b = W$$

$$14.112 + 21.168 = 3.6 \cdot 9.8$$

$$35.28 = 35.28$$

Untuk mendapatkan nilai torsi pada roda, perlu diketahui terlebih dahulu radius roda dan koefisien friksi dari bahan karet terhadap keramik. Diameter roda sama dengan 10 cm, sehingga didapatkan radius roda sama dengan 5 cm atau 0.05 m. Koefisien friksi dari bahan karet terhadap keramik secara statis berada di rentang nilai 1 sampai 2, sehingga nilai yang digunakan berupa nilai rata-ratanya yaitu 1.5. Rumus yang dipakai untuk memperhitungkan torsi (Nm) roda belakang beserta dengan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$T_w = f_s \cdot r_w$$

$$T_w = 1.5 \cdot 0.005$$

$$T_w = 0.0075 \text{ Nm}$$

Setelah didapatkan nilai torsi rodanya, perlu diketahui nilai power mechanic yang digunakan oleh roda. Pertama perlu ditentukan nilai  $\omega$  nya. Nilai tersebut yang menentukan seberapa cepat roda berputar, dimana semakin tinggi nilainya maka roda akan semakin lama berputarnya, begitu juga sebaliknya. Nilai  $\omega$  yang dipakai adalah 1 s. Rumus yang dipakai untuk memperhitungkan power mechanic roda belakang beserta dengan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$P_w = T_w \cdot \omega$$

$$P_w = 0.0075 \cdot 1$$

$$P_w = 0.0075 \text{ W}$$

Nilai power mechanic perlu dibandingkan juga dengan nilai power electricnya, dimana nilai power electric harus lebih besar daripada nilai power mechanic untuk dapat berjalan. Berikut rumus yang dipakai untuk memperhitungkan power electric roda belakang beserta dengan perhitungan dan pembuktiannya.

$$P_e = \frac{P_w}{\eta}$$

$$P_e = \frac{0.075}{0.8}$$

$$P_e = 0.094 W$$

$$P_e > P_w$$

### 3.5 Komplikasi dalam Proses

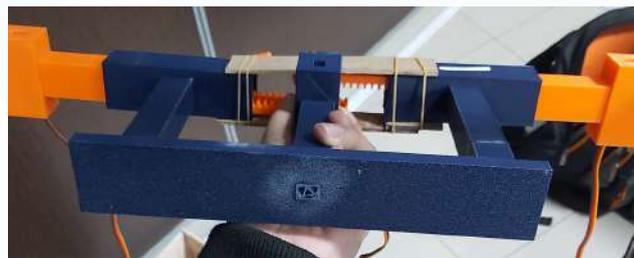
Dalam proses pembuatan dinding robot, hasil yang didapatkan dari hasil potongan pertama tidak berhasil karena hasil potong yang miring. Hal tersebut diatasi dengan pemotongan dinding yang baru, namun memakan waktu sehingga penggabungan kerangka robot tertunda. Pada dinding yang baru, terdapat perubahan konsep desain robot yang mengubah posisi lubang penempatan lengan robot, sehingga lubang pada dinding baru ditambahkan demi tidak tertundanya penggabungan kerangka robot. Lubang tersebut dapat diisi menggunakan *compound* atau bahan lain, namun sementara dijadikan lubang ventilasi udara dan saluran kabel. Begitu juga dengan lobang yang berada pada dinding depan dan belakang, dimana sensor ultrasonik seharusnya berada. Dikarenakan berubahnya pengendalian robot pengumpan secara manual daripada otomatis, sensor ultrasonik tidak dipakai namun posisi lubang sudah dibuat.

Dalam proses pembuatan lengan robot, hasil yang didapatkan dari 3D *print* terkadang longgar atau sempit pada sambungan antar bagian tangan lainnya. Desain konsep tangan juga sering mengalami perubahan sebelum menjadi hasil akhir yang sekarang dipakai. Hal-hal tersebut diatasi dengan pengulangan 3D *printing* dengan desain yang dimodifikasi. Namun ada beberapa bagian sambungan antar bagian lengan robot yang diampelas supaya dapat disambungkan, dikarenakan kurang tersedianya waktu untuk melakukan 3D *printing* ulang.

Dalam proses pembuatan penyangga lengan robot, hasil 3D print sebelum hasil akhir yang dipakai longgar pada lubang peletakan gir lengan. Hal tersebut diatasi dengan pengulangan 3D *printing* dengan desain yang dimodifikasi. Selain itu, sebelum desain penyangga lengan yang sekarang dipakai, bagian penyangga yang akan tersambung dengan alas robot mengalami kerusakan dikarenakan kurang kuatnya sambungan tersebut ketika diuji coba.



Gambar 3.22 Sambungan Penyangga Lengan ke Alas Robot



Gambar 3.23 Bagian Penyangga Lengan yang Sudah Dihaluskan

Hal tersebut diatasi dengan penggantian penyambungan penyangga lengan dari alas menjadi tersambung pada dinding kanan dan kiri robot.



Gambar 3.24 Sambungan Lengan Robot ke Dinding Kanan dan Kiri Robot