

Nama : Tsabita Syahida Khafid

NIM : 24060123130071

Kelas : E

Praktikum : GKV (E1)

1. Jelaskan Bagaimana cara kerja Pergerakan Tangan pada kode diatas?

Kode tersebut menggambar dan menggerakkan model tangan dalam bentuk dua bagian kotak wireframe (kerangka kubus). Pergerakan tangan diimplementasikan dengan transformasi rotasi menggunakan variabel shoulder (bahu) dan elbow (siku), yang digerakkan oleh input keyboard.

Cara Kerja Pergerakan Tangan

- Struktur Model Tangan
  - Model tangan terdiri dari dua bagian:
    - Lengan atas (bagian yang bergerak dari bahu)
    - Lengan bawah (bagian yang bergerak dari siku)
  - Setiap bagian lengan direpresentasikan sebagai kubus wireframe yang diperbesar dalam arah horizontal (scalef(2.0, 0.4, 1.0)).
- Transformasi dengan Rotasi
  - OpenGL menggunakan transformasi matriks untuk menggambar bagian-bagian tangan dengan rotasi pada titik tertentu.
  - Pergerakan dimulai dari bahu, lalu diteruskan ke siku.
- Langkah Transformasi:
  - Translasi ke titik awal bahu `glTranslatef(-1.0, 0.0, 0.0)`
  - Rotasi bahu `glRotatef((GLfloat)shoulder, 0.0, 0.0, 1.0)`
  - Translasi ke posisi pusat lengan atas `glTranslatef(1.0, 0.0, 0.0)`
  - Gambar lengan atas (`DrawWireCube`)
  - Translasi ke posisi pusat siku `glTranslatef(1.0, 0.0, 0.0)`
  - Rotasi siku `glRotatef((GLfloat)elbow, 0.0, 0.0, 1.0)`
  - Translasi ke posisi pusat lengan bawah `glTranslatef(1.0, 0.0, 0.0)`
  - Gambar lengan bawah (`DrawWireCube`)
- Pergerakan dengan Keyboard
  - `GLFW_KEY_S` → Putar bahu searah jarum jam (shoulder + 5)
  - `GLFW_KEY_W` → Putar bahu berlawanan jarum jam (shoulder - 5)
  - `GLFW_KEY_E` → Putar siku searah jarum jam (elbow + 5)
  - `GLFW_KEY_Q` → Putar siku berlawanan jarum jam (elbow - 5)
  - `GLFW_KEY_ESCAPE` → Keluar dari aplikasi

2. Menambahkan telapak tangan beserta jari-jari dari lengan.

```
#include <GL/glew.h>
#include <GLFW/glfw3.h>
#include <GL/glu.h>
#include <iostream>

GLfloat xRotated = 0.0f, yRotated = 0.0f, zRotated = 0.0f;
static int shoulder = 0;
static int elbow = 0;
static int wrist = 0;
static int wrist_y = 0;
static int thumbBase = 0, thumbTip = 0;
static int indexBase = 0, indexMid = 0, indexTip = 0;
static int middleBase = 0, middleMid = 0, middleTip = 0;
static int ringBase = 0, ringMid = 0, ringTip = 0;
static int pinkyBase = 0, pinkyMid = 0, pinkyTip = 0;

void DrawWireCube()
{
    glBegin(GL_LINES);
    glVertex3f(-0.5, -0.5, 0.5);
    glVertex3f( 0.5, -0.5, 0.5);
    glVertex3f( 0.5, -0.5, 0.5);
    glVertex3f( 0.5, 0.5, 0.5);
    glVertex3f( 0.5, 0.5, 0.5);
    glVertex3f(-0.5, 0.5, 0.5);
    glVertex3f(-0.5, 0.5, 0.5);
    glVertex3f(-0.5, -0.5, 0.5);
    glVertex3f(-0.5, -0.5, -0.5);
    glVertex3f( 0.5, -0.5, -0.5);
    glVertex3f( 0.5, -0.5, -0.5);
    glVertex3f( 0.5, 0.5, -0.5);
    glVertex3f( 0.5, 0.5, -0.5);
    glVertex3f(-0.5, 0.5, -0.5);
    glVertex3f(-0.5, 0.5, -0.5);
    glVertex3f(-0.5, -0.5, -0.5);
    glVertex3f(-0.5, -0.5, 0.5);
    glVertex3f(-0.5, -0.5, -0.5);
    glVertex3f( 0.5, -0.5, 0.5);
    glVertex3f( 0.5, -0.5, -0.5);
    glVertex3f( 0.5, 0.5, 0.5);
    glVertex3f( 0.5, 0.5, -0.5);
    glVertex3f(-0.5, 0.5, 0.5);
    glVertex3f(-0.5, 0.5, -0.5);
    glEnd();
}

void DrawFingerSegment(float length, float width = 0.1f, float depth = 0.1f){
```

```

    glPushMatrix();
    glScalef(length, width, depth);
    DrawWireCube();
    glPopMatrix();
}

void Display()
{
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    glLoadIdentity();
    glTranslatef(-1.0, 0.0, -7.0);

    glPushMatrix();

    // Lengan atas
    glTranslatef(-1.0, 0.0, 0.0);
    glRotatef((GLfloat)shoulder, 0.0, 0.0, 1.0);
    glTranslatef(1.0, 0.0, 0.0);

    glPushMatrix();
    glScalef(2.0, 0.4, 1.0);
    DrawWireCube();
    glPopMatrix();

    //Lengan Bawah
    glTranslatef(1.0, 0.0, 0.0);
    glRotatef((GLfloat)elbow, 0.0, 0.0, 1.0);
    glTranslatef(1.0, 0.0, 0.0);

    glPushMatrix();
    glScalef(2.0, 0.4, 1.0);
    DrawWireCube();
    glPopMatrix();

    // Telapak Tangan
    glTranslatef(1.2, 0.0, 0.0);
    glRotatef((GLfloat)wrist, 1.0, 0.0, 0.0);
    glRotatef((GLfloat)wrist_y, 0.0, 0.0, 0.1);

    glPushMatrix();
    glScalef(0.5, 0.1, 0.4); // Scale to make a palm
    DrawWireCube();
    glPopMatrix();

    float fingerLength = 0.2;
    // Kelingking
    glPushMatrix();
    glTranslatef(0.4, 0.0, 0.15);

```

```

glRotatef((GLfloat)pinkyBase, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength);

glTranslatef(fingerLength, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)pinkyMid, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.6);

glTranslatef(fingerLength * 0.75, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)pinkyTip, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.4);
glPopMatrix();

// Jari Manis
glPushMatrix();
glTranslatef(0.4, 0.0, 0.05);
glRotatef((GLfloat)ringBase, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength);

glTranslatef(fingerLength, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)ringMid, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.6);

glTranslatef(fingerLength * 0.75, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)ringTip, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.4);
glPopMatrix();

// Jari Tengah
glPushMatrix();
glTranslatef(0.4, 0.0, -0.05);
glRotatef((GLfloat)middleBase, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength);

glTranslatef(fingerLength, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)middleMid, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.6);

glTranslatef(fingerLength * 0.75, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)middleTip, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.4);
glPopMatrix();

// Jari Telunjuk
glPushMatrix();
glTranslatef(0.4, 0.0, -0.15);
glRotatef((GLfloat)indexBase, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength);

```

```

glTranslatef(fingerLength, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)indexMid, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.6);

glTranslatef(fingerLength * 0.75, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)indexTip, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.4);
glPopMatrix();

// Ibu Jari
glPushMatrix();
glTranslatef(0.2, 0.0, -0.25);
glRotatef((GLfloat)thumbBase, 0.0, 1.0, 0.0);
DrawFingerSegment(fingerLength);

glTranslatef(fingerLength, 0.0, 0.0);
glRotatef((GLfloat)thumbTip, 0.0, 0.0, 1.0);
DrawFingerSegment(fingerLength * 0.6);
glPopMatrix();

glPopMatrix();
}

void Reshape(GLFWwindow* window, int width, int height)
{
    if (height == 0 || width == 0) return;
    glViewport(0, 0, (GLsizei)width, (GLsizei)height);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();
    gluPerspective(40.0, (GLfloat)width / (GLfloat)height, 0.5, 20.0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
}

void KeyCallback(GLFWwindow* window, int key, int scancode, int action, int
mods)
{
    if (action == GLFW_PRESS || action == GLFW_REPEAT) {
        switch (key) {
            // Rotasi bahu (shoulder)
            case GLFW_KEY_S:
                shoulder = (shoulder + 5) % 360;
                break;
            case GLFW_KEY_W:
                shoulder = (shoulder - 5) % 360;
                break;

            // Rotasi siku (elbow) dengan batasan 0° - 180°

```

```

case GLFW_KEY_E:
    if (elbow < 180) elbow += 5;
    break;
case GLFW_KEY_Q:
    if (elbow > 0) elbow -= 5;
    break;

// Putar pergelangan tangan (wrist) 180° pada sumbu X
case GLFW_KEY_D:
    if (wrist < 180) wrist += 5;
    break;
case GLFW_KEY_A:
    if (wrist > 0) wrist -= 5;
    break;

// Putar pergelangan tangan (wrist_y) max ±90° pada sumbu Y
case GLFW_KEY_Z:
    if (wrist_y < 90) wrist_y += 5;
    break;
case GLFW_KEY_X:
    if (wrist_y > -45) wrist_y -= 5;
    break;

// Pergerakan Jari kelingking
case GLFW_KEY_1: pinkyBase = std::min(pinkyBase + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_2: pinkyBase = std::max(pinkyBase - 5, 0); break;
case GLFW_KEY_3: pinkyMid = std::min(pinkyMid + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_4: pinkyMid = std::max(pinkyMid - 5, 0); break;
case GLFW_KEY_5: pinkyTip = std::min(pinkyTip + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_6: pinkyTip = std::max(pinkyTip - 5, 0); break;

// Pergerakan Jari Manis
case GLFW_KEY_7: ringBase = std::min(ringBase + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_8: ringBase = std::max(ringBase - 5, 0); break;
case GLFW_KEY_9: ringMid = std::min(ringMid + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_0: ringMid = std::max(ringMid - 5, 0); break;
case GLFW_KEY_P: ringTip = std::min(ringTip + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_SEMICOLON: ringTip = std::max(ringTip - 5, 0);
break;

// Pergerakan Jari Tengah
case GLFW_KEY_T: middleBase = std::min(middleBase + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_Y: middleBase = std::max(middleBase - 5, 0); break;
case GLFW_KEY_G: middleMid = std::min(middleMid + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_H: middleMid = std::max(middleMid - 5, 0); break;
case GLFW_KEY_B: middleTip = std::min(middleTip + 5, 90); break;
case GLFW_KEY_N: middleTip = std::max(middleTip - 5, 0); break;

```

```

        // Pergerakan Jari Telunjuk
        case GLFW_KEY_U: indexBase = std::min(indexBase + 5, 90); break;
        case GLFW_KEY_I: indexBase = std::max(indexBase - 5, 0); break;
        case GLFW_KEY_J: indexMid = std::min(indexMid + 5, 90); break;
        case GLFW_KEY_K: indexMid = std::max(indexMid - 5, 0); break;
        case GLFW_KEY_M: indexTip = std::min(indexTip + 5, 90); break;
        case GLFW_KEY_L: indexTip = std::max(indexTip - 5, 0); break;

        // Pergerakan Ibu Jari
        case GLFW_KEY_R: thumbBase = std::min(thumbBase + 5, 90); break;
        case GLFW_KEY_F: thumbBase = std::max(thumbBase - 5, -90); break;
    }
}

int main()
{
    if (!glfwInit())
    {
        std::cerr << "Failed to initialize GLFW" << std::endl;
        return -1;
    }
    GLFWwindow* window = glfwCreateWindow(640, 480, "Wireframe Cube",
    NULL, NULL);
    if (!window)
    {
        glfwTerminate();
        return -1;
    }
    glfwMakeContextCurrent(window);
    glewExperimental = GL_TRUE;
    if (glewInit() != GLEW_OK)
    {
        std::cerr << "Failed to initialize GLEW" << std::endl;
        return -1;
    }
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
    glfwSetKeyCallback(window, KeyCallback);
    int width, height;
    glfwGetFramebufferSize(window, &width, &height);
    Reshape(window, width, height);
    while (!glfwWindowShouldClose(window))
    {
        Display();
        glfwSwapBuffers(window);
        glfwPollEvents();
    }
    glfwDestroyWindow(window);
}

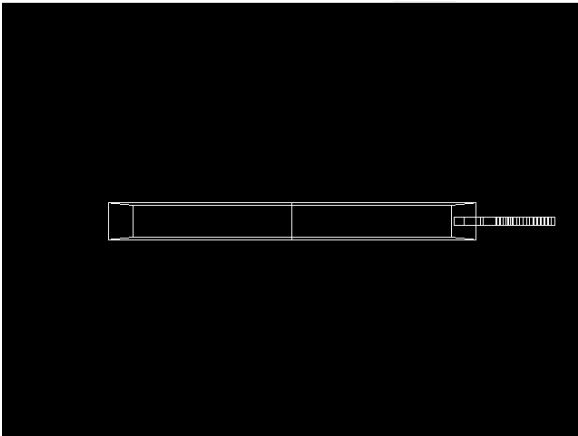
```

```
glfwTerminate();
return 0;
}
```

3. Simulasikan menggunakan sumbu x, y, z bagaimana operasi yang dilakukan ketika keyboard di ketik (dalam bentuk screenshot dan milimeter blok).

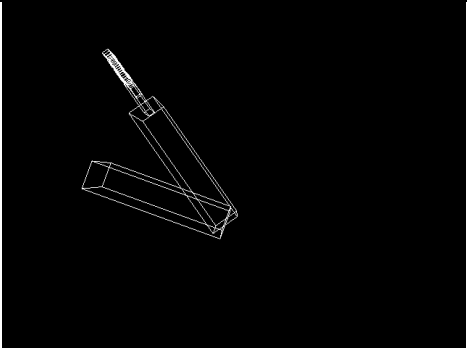
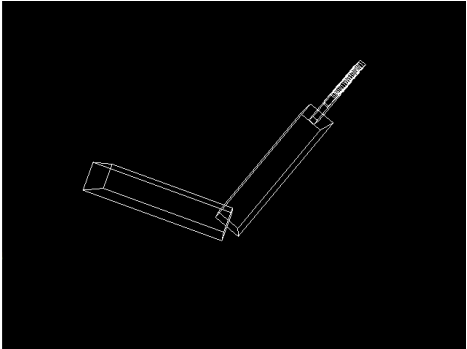
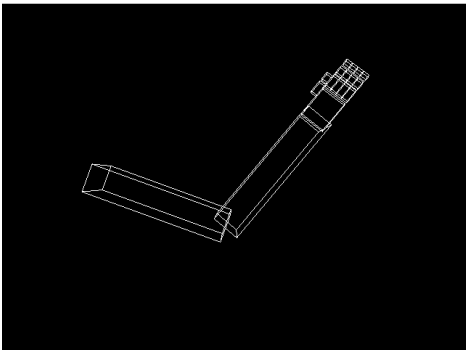
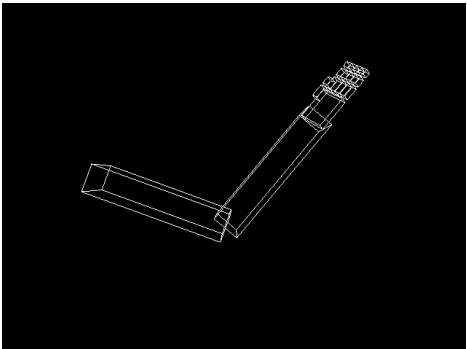
Posisi awal:

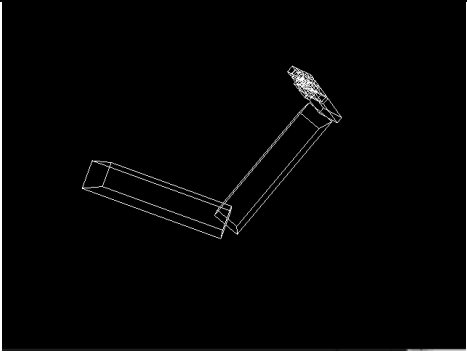
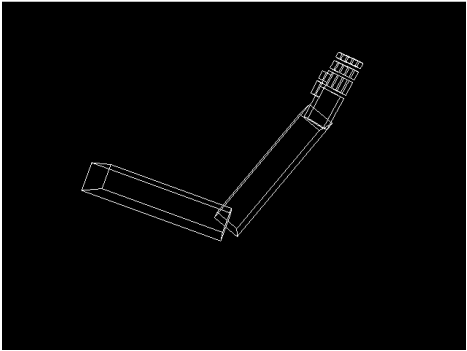
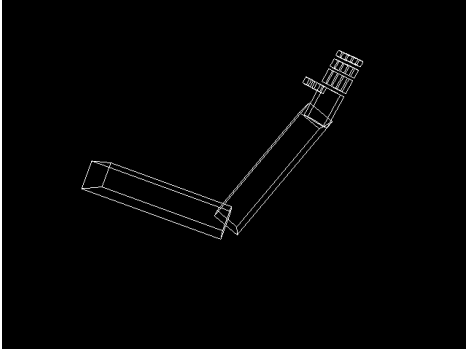
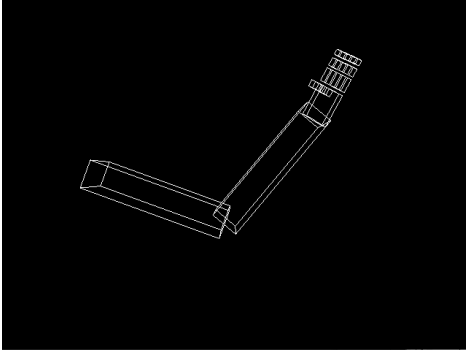
Lengan kiri dengan telapak tangan menghadap ke atas.

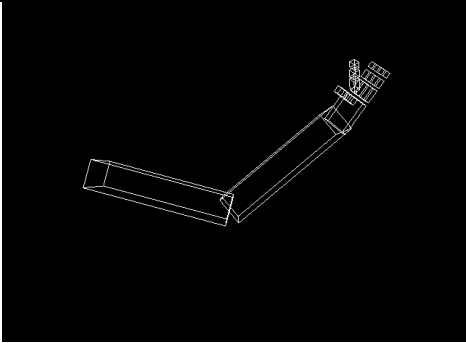
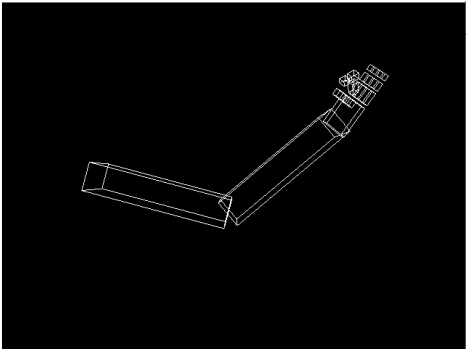
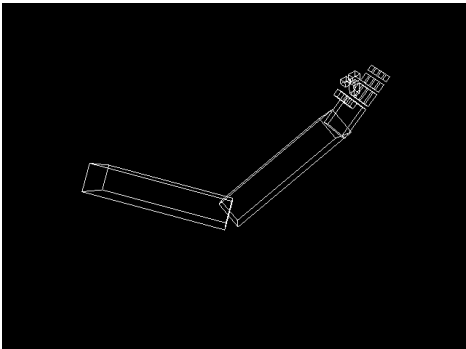
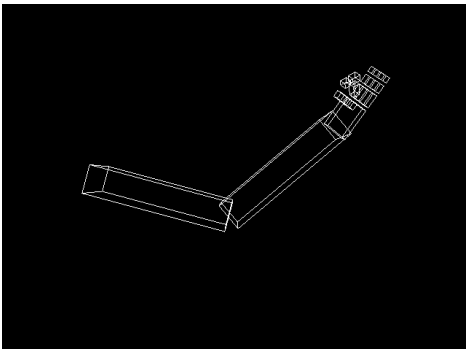


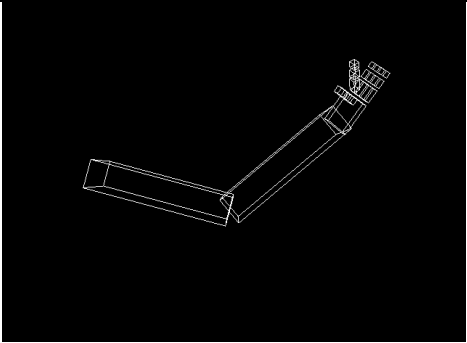
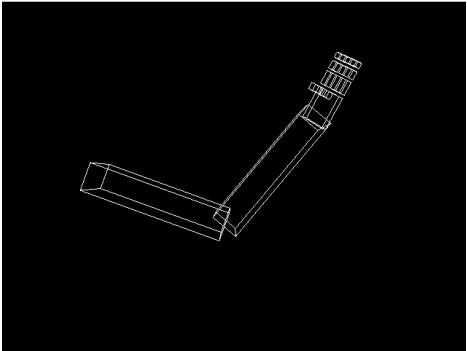
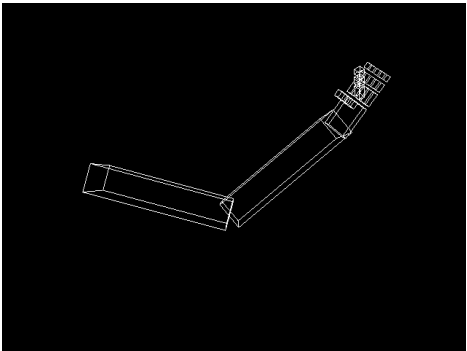
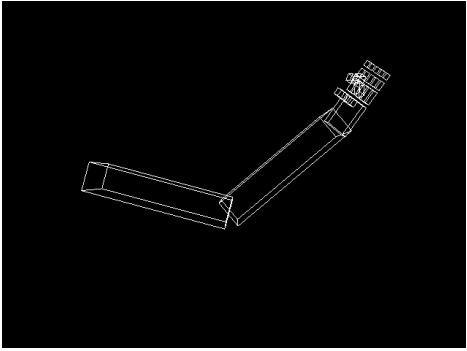
Aksi	Bagian Tubuh	Transformasi	Sumbu	Hasil
S	Bahu	Rotasi + 5 (0 – 360)	Z	
W	Bahu	Rotasi -5 (0 – 360)	Z	
E	Siku	Rotasi + 5 (0 – 180)	Z	

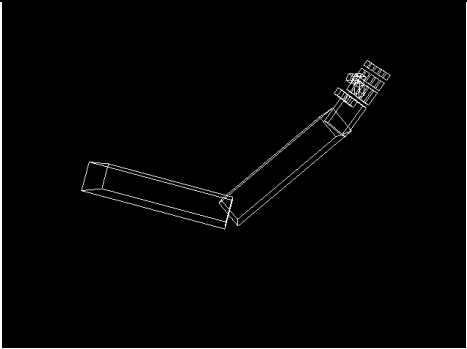
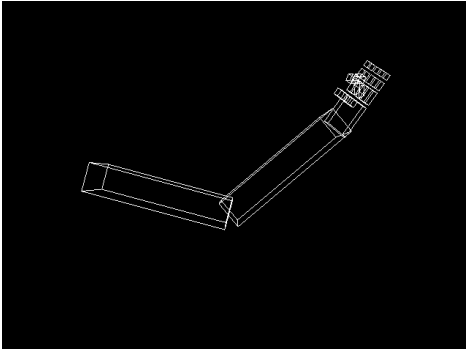
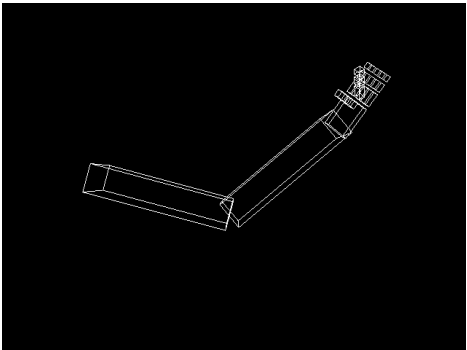
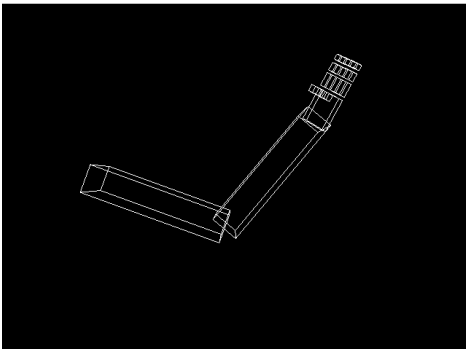


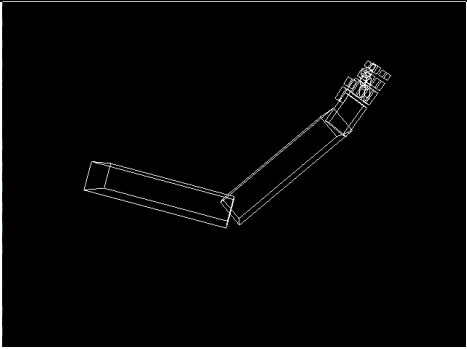
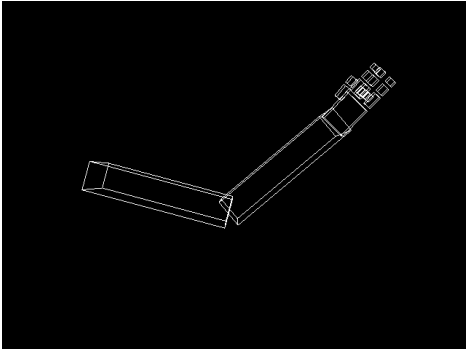
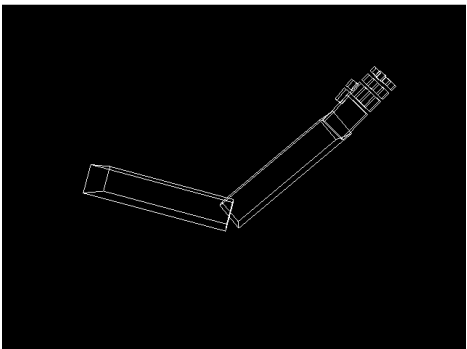
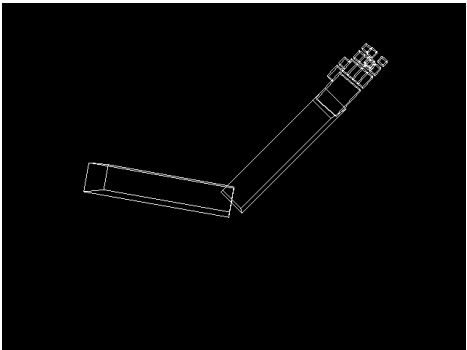
				
Q	Elbow	Rotasi -5 (0 – 180)	Z	
D	Wrist	Rotasi +5 (0 – 180)	X	
A	Wrist	Rotas -5 (0 – 180)	X	
Z	Wrist_y	Rotasi +5 (-90 – 90)	Y	

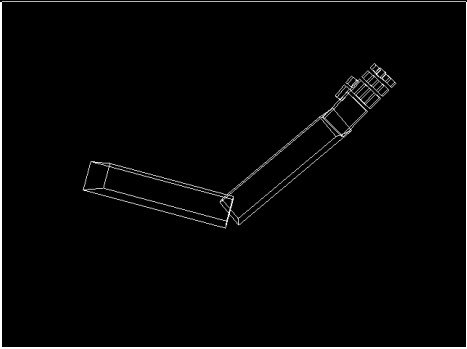
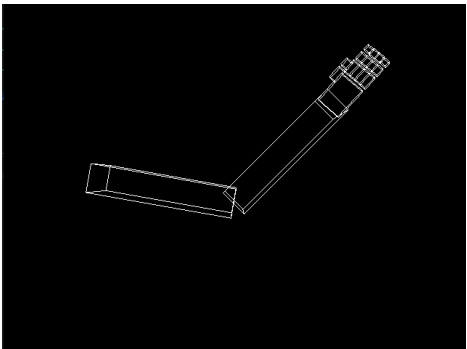
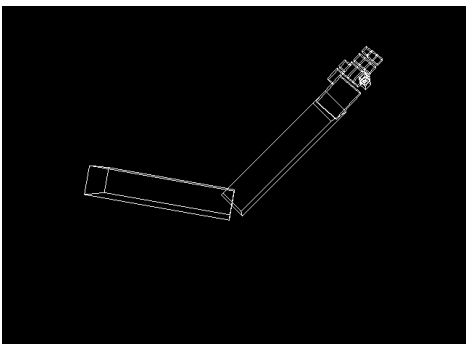
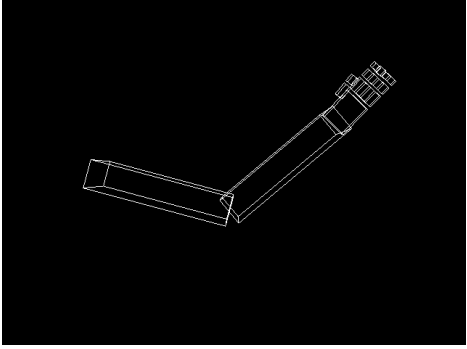
				
X	Wrist_y	Rotasi -5 (-90 - 90)	Y	
R	ThumbBase	Rotasi +5 (-90 – 90)	Y	
F	ThumbBase	Rotasi -5 (-90 – 90)	Y	
U	indexBase	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	

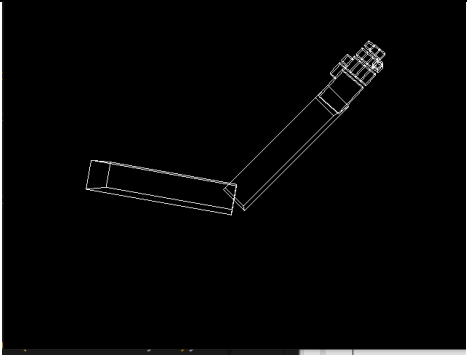
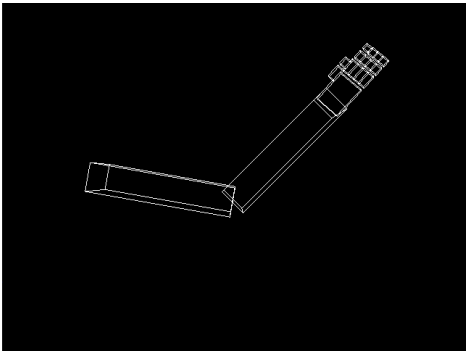
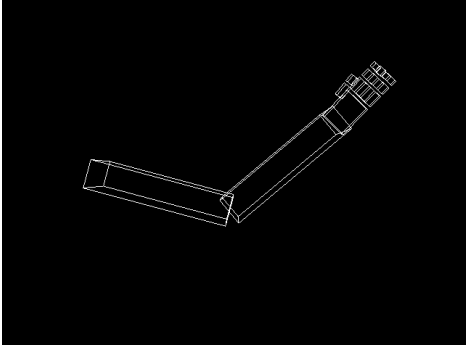
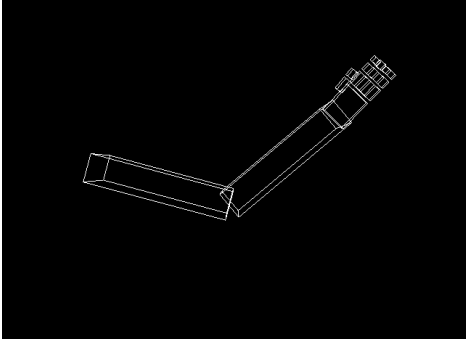
				
J	indexMid	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	
M	indexTip	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	
L	indexTip	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
K	indexMid	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	

				
I	indexTip	Rotasi -5 (0 – 90)		
T	middleBase	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	
G	middleMid	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	
B	middleTip	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	

				
N	middleTip	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
H	middleMid	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
Y	middleBase	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
7	ringBase	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	

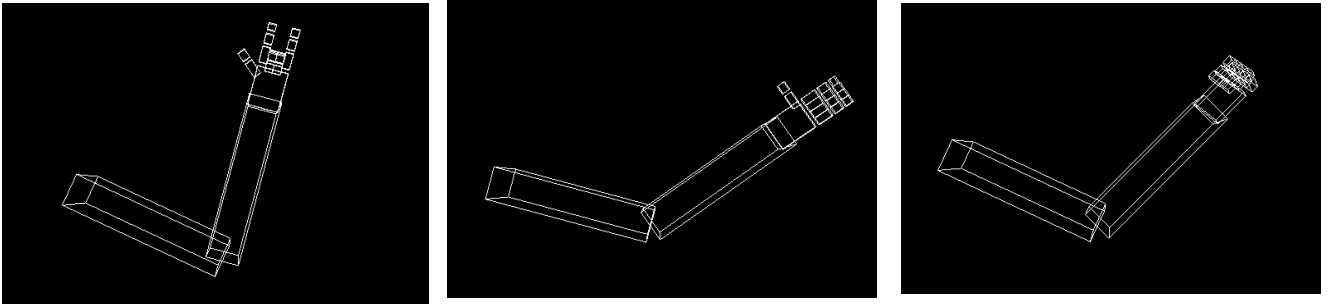
				
8	ringBase	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
9	ringMid	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	
0	ringMid	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
P	ringTip	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	

				
;	ringTip	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
1	pinkyBase	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	
2	pinkyBase	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
3	pinkyMid	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	

				
4	pinkyMid	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	
5	pinkyTip	Rotasi +5 (0 – 90)	Z	
6	pinkyTip	Rotasi -5 (0 – 90)	Z	



Bentuk tangan lainnya:



4. Jelaskan struktur dari tugas yang kalian buat dalam proyeksi, proyeksi projection dan modelview.

Terdapat dua matriks utama yang digunakan untuk mengatur tampilan objek dalam ruang 3D, yaitu proyeksi (projection matrix) dan model-view (modelview matrix).

- **Proyeksi projection** digunakan untuk mengatur perspektif tampilan, yaitu bagaimana objek dipetakan ke layar. Dalam kode ini, proyeksi diatur dalam fungsi `Reshape()`:
  - `glMatrixMode(GL_PROJECTION)`: Memilih mode matriks proyeksi.
  - `glLoadIdentity()`: Mereset matriks agar tidak ada transformasi sebelumnya.
  - `gluPerspective(40.0, aspect_ratio, 0.5, 20.0)`:
    - 40.0 → Sudut pandang (field of view) sebesar 40 derajat.
    - aspect\_ratio → Perbandingan aspek antara lebar dan tinggi layar.
    - 0.5 → Jarak dekat (near clipping plane), objek lebih dekat dari ini tidak akan terlihat.
    - 20.0 → Jarak jauh (far clipping plane), objek lebih jauh dari ini juga tidak akan terlihat.

Dengan pengaturan ini, semua objek dalam scene akan tampak dengan efek perspektif.

- **Model-view** digunakan untuk mengatur transformasi objek di dalam dunia 3D. Ini termasuk translasi (geser), rotasi, dan skala. Dalam kode ini, model-view diterapkan dalam fungsi `Display()`:
  - Mengatur Posisi Kamera
    - `glTranslatef(-1.0, 0.0, -7.0)`;
    - Ini menggeser seluruh tampilan ke kiri dan menjauh dari layar.
  - Transformasi Objek (Lengan dan Jari)
    - `glTranslatef(-1.0, 0.0, 0.0)`; → Menggeser lengan atas.
    - `glRotatef(shoulder, 0.0, 0.0, 1.0)`; → Memutar lengan atas pada sumbu Z.

- `glTranslatef(1.0, 0.0, 0.0);` → Memindahkan pusat rotasi ke lengan bawah.
- `glRotatef(elbow, 0.0, 0.0, 1.0);` → Memutar lengan bawah.
- Menggunakan `glPushMatrix()` dan `glPopMatrix()`
  - `glPushMatrix();` → Menyimpan status transformasi saat ini.
  - `glPopMatrix();` → Mengembalikan status sebelumnya setelah melakukan perubahan transformasi.

Hal ini berguna agar setiap bagian tangan bisa digerakkan secara independen tanpa mempengaruhi bagian lain.