Laporan Tugas Web GL Scale

Nama: Muhammad Rifat Abiwardani
NIM: 13519205
Kelas: K04

1. **Tujuan**
   Pada tugas ini, WebGL digunakan untuk membuat huruf ‘F’ yang terdiri dari tiga persegi panjang (atau enam segitiga) pada browser. Objek tersebut memiliki bentuk pada canvas yang dapat diubah menggunakan *slider* scaleX dan scaleY, serta warna random. Proyek ini dibuat tanpa mengimport fungsionalitas webgl-utils dan webgl-lessons-ui.
2. **Setup Canvas dan GL**
   Berikut markup pada file index.html untuk mendefinisikan canvas dan wadah slider:

```
<canvas id="canvas"></canvas>
    <div id="uiContainer">
    <div id="ui">
    <div id="scaleX"></div>
    <div id="scaleY"></div>
    </div>
</div>
```

   Berikut kode javascript pada file scale.js untuk mempersiapkan canvas, membuat konteks rendering WebGL, menginisialisasi objek program WebGL yang nanti digunakan untuk me-link shader dan membuat program, mendefinisikan variabel-variabel yang akan digunakan untuk mengatur letak objek grafik, melakukan binding buffer untuk mengubah letak pada waktu render, menginisialisasi objek “F”, serta men-*set* nilai warna sebagai warna random:

```
var canvas = document.querySelector("#canvas");
var gl = canvas.getContext("webgl");
    if (!gl) {
        return;
    }

var program = createProgramFromScripts(gl);

var positionLocation = gl.getAttribLocation(program, "a_position");

var positionBuffer = gl.createBuffer();

gl.bindBuffer(gl.ARRAY_BUFFER, positionBuffer);
setGeometry(gl);
var color = [Math.random(), Math.random(), Math.random(), 1];

drawScene();
```

   Potongan kode berikut menginisialisasi uniform-uniform (variabel global dalam WebGL):

```
var resolutionLocation = gl.getUniformLocation(program,
"u_resolution");
var colorLocation = gl.getUniformLocation(program, "u_color");
```

```
var translationLocation = gl.getUniformLocation(program,
"u_translation");
var scaleLocation = gl.getUniformLocation(program, "u_scale");
```

Berikut isi indexstyles.css yang mengatur ukuran canvas:

```
body {
    margin: 0;
}
canvas {
    width: 80vw;
    height: 80vh;
    display: block;
}
```

3. **Utilities**

Pada potongan kode setup GL di bagian sebelumnya, fungsi createProgramFromScripts() digunakan. Berikut *source code* fungsi createProgramFromScripts():

```
function createProgramFromScripts(gl, opt_errorCallback) {
    const vertexShader = loadVertexShader(gl, opt_errorCallback);
    const fragmentShader = loadFragmentShader(gl, opt_errorCallback);
    const shaders = [vertexShader, fragmentShader];
    return createProgram(gl, shaders, opt_errorCallback);
}
```

Fungsi createProgramFromScripts() pertama memanggil fungsi loadVertexShader() dan loadFragmentShader() untuk memperoleh objek WebGLShader sebagai vertex shader dan fragment shader dari program. Kemudian shader tersebut di-*pass* ke fungsi createProgram().

Berikut *source code* fungsi loadVertexShader() dan loadFragmentShader() yang digunakan:

```
function loadVertexShader(gl, opt_errorCallback) {
    let shaderSource = '';
    const shaderScript = document.getElementById("vertex-shader-2d");
    if (!shaderScript) {
        throw ('*** Error: unknown vertex shader');
    }
    shaderSource = shaderScript.text;
    const errFn = opt_errorCallback || error;

    const shader = gl.createShader(gl.VERTEX_SHADER);
    gl.shaderSource(shader, shaderSource);
    gl.compileShader(shader);

    const compiled = gl.getShaderParameter(shader,
gl.COMPILE_STATUS);
    if (!compiled) {
        const lastError = gl.getShaderInfoLog(shader);
        errFn('*** Error compiling shader \'' + shader + '\':' +
lastError + `\n` + shaderSource.split('\n').map((l,i) => `${i + 1}:
```

```
${l}`).join('\n'));
        gl.deleteShader(shader);
        return null;
    }

    return shader;
}

function loadFragmentShader(gl, opt_errorCallback) {
    let shaderSource = '';
    const shaderScript =
document.getElementById("fragment-shader-2d");
    if (!shaderScript) {
        throw ('*** Error: unknown fragment shader');
    }
    shaderSource = shaderScript.text;
    const errFn = opt_errorCallback || error;

    const shader = gl.createShader(gl.FRAGMENT_SHADER);
    gl.shaderSource(shader, shaderSource);
    gl.compileShader(shader);

    const compiled = gl.getShaderParameter(shader,
gl.COMPILE_STATUS);
    if (!compiled) {
        const lastError = gl.getShaderInfoLog(shader);
        errFn('*** Error compiling shader \'' + shader + '\':' +
lastError + `\n` + shaderSource.split('\n').map((l,i) => `${i + 1}:
${l}`).join('\n'));
        gl.deleteShader(shader);
        return null;
    }

    return shader;
}
```

Kedua fungsi memiliki kegunaan yang mirip. Pertama, fungsi menyimpan *source code* shader vertex atau fragment dalam GLSL yang sudah disiapkan di index.html dalam variabel shaderSource. Kemudian dibuat objek WebGLShader untuk masing vertex shader dan fragment shader. Method WebGL shaderSource() digunakan untuk menyetel *source code* objek shader sebagai kode GLSL yang sudah diperoleh, dan compileShader() digunakan untuk meng-*compile* kode tersebut. Jika compile berhasil, objek shader dikembalikan. Jika tidak, maka fungsi load shader melempar error.

Selain loadVertexShader() dan loadFragmentShader(), fungsi createProgramFromScripts() juga menggunakan fungsi createProgram(). Berikut *source code* fungsi createProgram():

```
function error(msg) {
    if (topWindow.console) {
        if (topWindow.console.error) {
            topWindow.console.error(msg);
        } else if (topWindow.console.log) {
            topWindow.console.log(msg);
        }
```

```
    }
}

function createProgram(gl, shaders, opt_errorCallback) {
    const errFn = opt_errorCallback || error;
    const program = gl.createProgram();
    shaders.forEach(function(shader) {
        gl.attachShader(program, shader);
    });
    gl.linkProgram(program);

    //if not linked
    const linked = gl.getProgramParameter(program, gl.LINK_STATUS);
    if (!linked) {
        const lastError = gl.getProgramInfoLog(program);
        errFn('Error in program linking:' + lastError);

        gl.deleteProgram(program);
        return null;
    }
    return program;
}
```

Fungsi createProgram() pertama membuat objek program WebGL dengan method createProgram() dari WebGLRenderingContext. Vertex shader dan fragment shader di-*link* ke objek program tersebut. Nantinya, *interface* pengendali shader akan di-*link* juga ke objek program (dalam proyek ini *slider* translasi, rotasi, dan penskalaan). Kemudian, method linkProgram() digunakan untuk mempersiapkan GPU untuk vertex shader dan fragment shader dari proyek ini. Jika link status dari program bernilai false, maka fungsi createProgram() melempar error. Jika tidak, maka objek program yang berhasil diinisialisasi dikembalikan.

Saat waktu render nanti, program juga membutuhkan fungsi untuk *resize* canvas agar sesuai dengan ukuran halaman pada layar. Fungsi resizeCanvasToDisplaySize() berikut digunakan. Pada dasarnya, fungsi ini menghitung ukuran canvas dengan mengali multiplier dengan ukuran awal.

```
function resizeCanvasToDisplaySize(canvas, multiplier) {
    multiplier = multiplier || 1;
    const width = canvas.clientWidth * multiplier | 0;
    const height = canvas.clientWidth * multiplier | 0;
    if (canvas.width !== width || canvas.height !== height) {
        canvas.width = width;
        canvas.height = height;
        return true;
    }
    return false;
}
```

4. UI

Untuk mempermudah pembuatan slider, beberapa fungsi UI digunakan.

```
function setupSlider(selector, options) {
    var parent = document.querySelector(selector);
    if (!parent) {
```

```
        return;
    }
    if (!options.name) {
        options.name = selector.substring(1);
    }
    return createSlider(parent, options);
}
```

Fungsi setupSlider() mencari *container* dari *slider* yang sudah ada di halaman (nilai selector adalah id dari div yang mengandung masing *slider*), lalu menggunakannya dalam fungsi createSlider() untuk membuat komponen *slider* pada halaman.

Berikut isi fungsi createSlider():

```
function getQueryParams() {
    var params = {};
    if (window.hackedParams) {
        Object.keys(window.hackedParams).forEach(function(key) {
        params[key] = window.hackedParams[key];
        });
    }
    if (window.location.search) {

window.location.search.substring(1).split("&").forEach(function(pair)
{
                var keyValue = pair.split("=").map(function(kv) {
                return decodeURIComponent(kv);
            });
        params[keyValue[0]] = keyValue[1];
        });
    }
    return params;
}

function createSlider(parent, options) {
    const gopt = getQueryParams();

    var precision = options.precision || 0;
    var min = options.min || 0;
    var step = options.step || 1;
    var value = options.value || 0;
    var max = options.max || 1;
    var fn = options.slide;
    var name = gopt["ui-" + options.name] || options.name;
    var uiPrecision = options.uiPrecision === undefined ? precision :
options.uiPrecision;
    var uiMult = options.uiMult || 1;

    min /= step;
    max /= step;
    value /= step;

    parent.innerHTML = ""
    parent.innerHTML += "<div class='gman-widget-outer'>\n"
    parent.innerHTML += "   <div
class='gman-widget-label'>"+name.toString()+"</div>\n";
    parent.innerHTML += "   <div class='gman-widget-value'></div>\n"
    parent.innerHTML += "   <input class='gman-widget-slider'
```

```
type='range' min='"+min.toString()+"' max='"+max.toString()+"'
value='"+value.toString()+"' />\n";
    parent.innerHTML += "</div>";
    var valueElem = parent.querySelector(".gman-widget-value");
    var sliderElem = parent.querySelector(".gman-widget-slider");

    function updateValue(value) {
        valueElem.textContent = (value * step *
uiMult).toFixed(uiPrecision)
    }

    updateValue(value);

    function handleChange(event) {
        var value = parseInt(event.target.value);
        updateValue(value);
        fn(event, { value: value * step });
    }

    sliderElem.addEventListener('input', handleChange);
    sliderElem.addEventListener('change', handleChange);

    return {
        elem: parent,
        updateValue: (v) => {
            v /= step;
            sliderElem.value = v;
            updateValue(v);
        },
    };
}
```

Kode di atas mengambil nilai-nilai pengaturan *slider* dari variabel options serta nama komponen menggunakan getQueryParams() lalu mengisi innerHTML *container slider* dengan widget slider jQuery. Fungsi createSlider() juga men-*set* nilai *slider* dan fungsi yang dipanggil saat keadaan *slider* berubah.

5. Pemrosesan Vertex dan Fragment

Berikut script GLSL pada file index.html yang mendefinisikan vertex shader dan fragment shader. Posisi adalah vektor attribute (yakni struktur data yang didefinisikan terhadap vertex) berukuran dua (x, y) dan merupakan hasil transformasi posisi absolut objek terhadap rotasi dan penskalaan yang ingin dilakukan user. Pada vertex shader terdapat variabel-variabel konstan (disebut uniform) yang nilainya diperoleh dari fungsi render pada scale.js. Posisi dihitung dengan mengambil nilai awal pada koordinat pixel lalu menerapkan beberapa transformasi pada koordinat posisi tersebut. Pertama posisi x dan y dikali dengan faktor penskalaan masing sumbu, lalu ditranslasikan sebanyak nilai translasi tetap (350, 350), dan terakhir dikonversi menjadi koordinat *clip space*. Nilai akhir pada *clip space* inilah yang disimpan pada variabel gl_Position untuk nanti dikirim ke GPU. Sementara itu, warna didefinisikan sebagai vektor berukuran empat (yakni struktur data yang didefinisikan per-pixel) yang nilainya adalah tiga bilangan riil random antara 0 sampai 1 untuk nilai merah, hijau, dan biru, serta alpha (*transparency*) 1.

```
<script  id="vertex-shader-2d" type="x-shader/x-vertex">
```

```
    attribute vec2 a_position;

    uniform vec2 u_resolution;
    uniform vec2 u_translation;
    uniform vec2 u_scale;

    void main() {
        vec2 scaledPosition = a_position * u_scale;

        vec2 position = scaledPosition + u_translation;

        vec2 zeroToOne = position / u_resolution;

        vec2 zeroToTwo = zeroToOne * 2.0;

        vec2 clipSpace = zeroToTwo - 1.0;

        gl_Position = vec4(clipSpace * vec2(1, -1), 0, 1);
    }
</script>

<script  id="fragment-shader-2d" type="x-shader/x-fragment">
    precision mediump float;

    uniform vec4 u_color;

    void main() {
        gl_FragColor = u_color;
    }
</script>
```

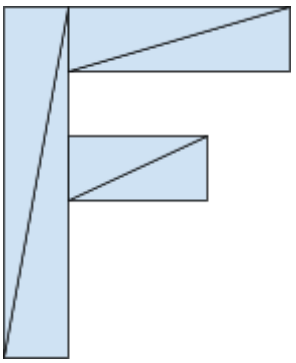
Berikut definisi dari fungsi setGeometry() yang digunakan pada bagian setup:

```
function setGeometry(gl) {
    gl.bufferData(
    gl.ARRAY_BUFFER,
    new Float32Array([
        // left column
        0, 0,
        30, 0,
        0, 150,
        0, 150,
        30, 0,
        30, 150,

        // top rung
        30, 0,
        100, 0,
        30, 30,
        30, 30,
        100, 0,
        100, 30,

        // middle rung
        30, 60,
        67, 60,
        30, 90,
        30, 90,
        67, 60,
```

```
        67, 90,
    ]),
    gl.STATIC_DRAW);
}
```

Koordinat-koordinat berlabel left column mendefinisikan dua segitiga yang digunakan sebagai batang dari objek “F”. Koordinat-koordinat berlabel top rung merupakan bagian horizontal atas, dan yang berlabel middle rung merupakan bagian horizontal tengah dari objek “F”. Segitiga-segitiga tersebut ditulis ke buffer lalu diinisialisasi dalam objek WebGLRenderingContext.

Berikut contoh representasi objek:



Bagian kode javascript berikut mendefinisikan *slider* skala x dan skala y serta nilai-nilai awalnya. Translasi (350, 350) juga ditetapkan sebagai nilai *fixed*.

```
var translation = [350, 350];
var scale = [1, 1];

setupSlider("#scaleX", {value: scale[0], slide: updateScale(0), min:
-5, max: 5, step: 0.01, precision: 2});
setupSlider("#scaleY", {value: scale[1], slide: updateScale(1), min:
-5, max: 5, step: 0.01, precision: 2});

function updateScale(index) {
    return function(event, ui) {
        scale[index] = ui.value;
        drawScene();
    };
}
```

6. Rendering

Fungsi drawScene() yang digunakan pada potongan kode pendefinisian *slider* sebelumnya menggambar objek “F” menggunakan program yang sudah dibuat di awal.

```
function drawScene() {
    resizeCanvasToDisplaySize(gl.canvas);

    gl.viewport(0, 0, gl.canvas.width, gl.canvas.height);

    gl.clear(gl.COLOR_BUFFER_BIT);
```

```
    gl.useProgram(program);

    gl.enableVertexAttribArray(positionLocation);

    gl.bindBuffer(gl.ARRAY_BUFFER, positionBuffer);

    ...
```

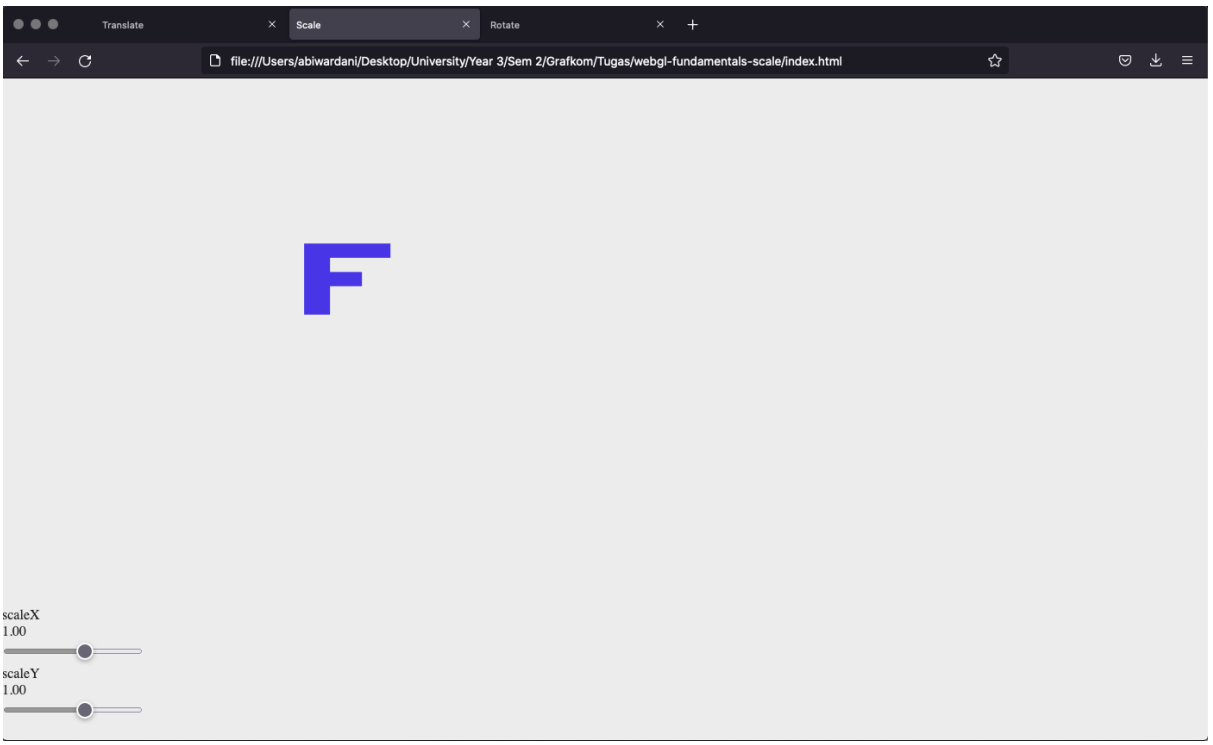
Potongan kode di atas menginisialisasi canvas dan buffer. Pertama, canvas di-*resize* menggunakan prosedur UI resizeCanvasToDisplaySize(). Kemudian, viewport atau area objek yang terlihat pada layar didefinisikan mulai di pixel (0, 0) hingga seukuran canvas yang didefinisikan di indexstyles.css.

```
    ...
    var size = 2;
    var type = gl.FLOAT;
    var normalize = false;
    var stride = 0; each iteration to get the next position
    var offset = 0;
    gl.vertexAttribPointer(positionLocation, size, type, normalize,
stride, offset);

    gl.uniform2f(resolutionLocation, gl.canvas.width,
gl.canvas.height);

    gl.uniform4fv(colorLocation, color);

    gl.uniform2fv(translationLocation, translation);

    gl.uniform2fv(scaleLocation, scale);

    var primitiveType = gl.TRIANGLES;
    var offset = 0;
    var count = 18;
    gl.drawArrays(primitiveType, offset, count);
}
```

Potongan kode fungsi drawScene() di atas pertama mengatur cara membaca data dari buffer (size 2 karena masing data posisi memiliki nilai x dan y, tipe bilangan riil, data tidak perlu dinormalisasi, data posisi disimpan secara kontigu, dan pembacaan dimulai dari data pertama). Kemudian data tersebut dibaca ke uniform positionLocation. Setelah itu, ukuran canvas disimpan di uniform resolutionLocation, serta nilai translasi, rotasi, dan penskalaan disimpan ke uniform-uniform yang bersangkutan. Setelah itu, method drawArrays() digunakan untuk menggambar segitiga-segitiga yang sudah didefinisikan menggunakan vertex shader dan fragment shader yang sudah diatur.

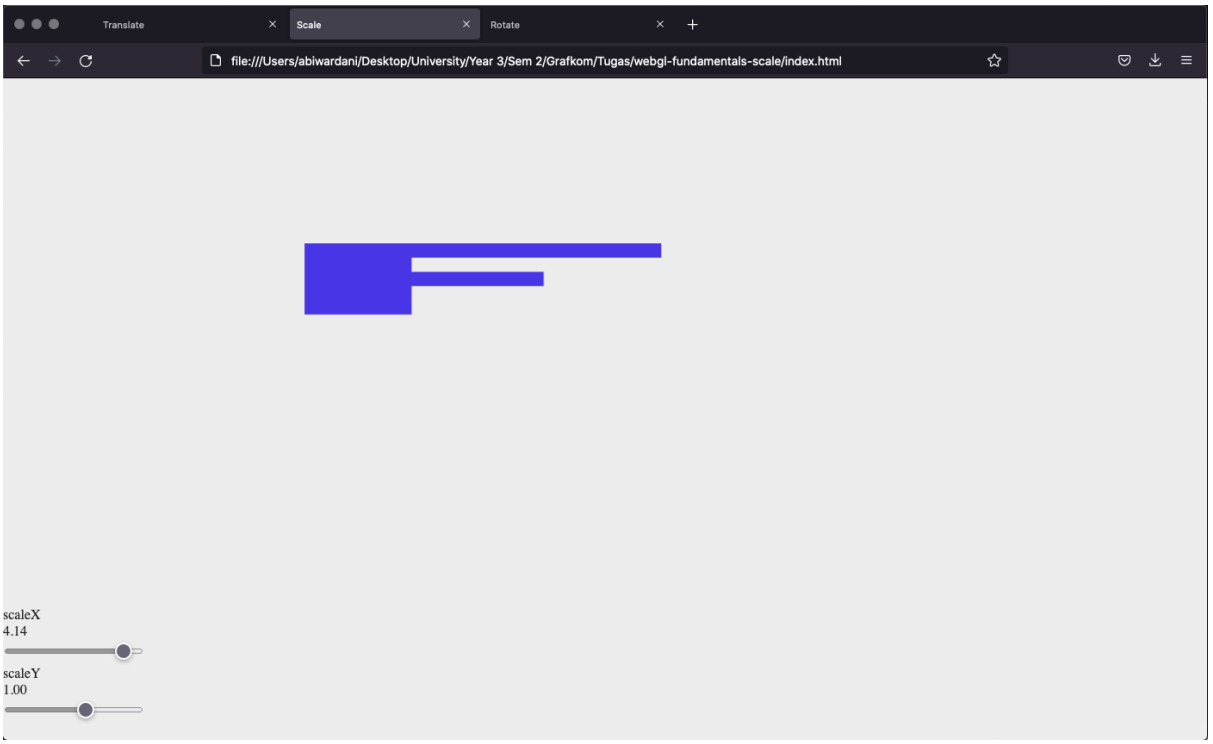
7. Hasil

a. Parameter default
   Saat pertama membuka program, objek “F” ditampilkan pada layar.

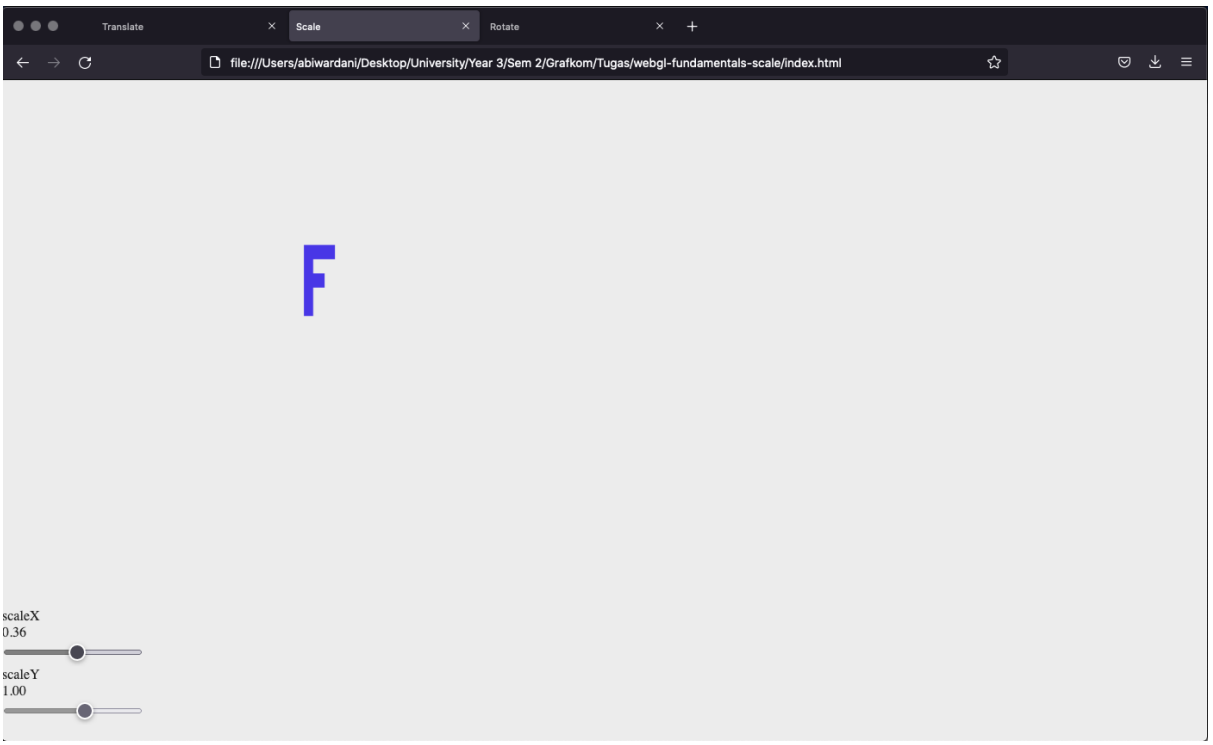


Warna objek adalah random, dan *slider* berada pada nilai defaultnya, yakni 1 untuk penskalaan x dan 1 untuk penskalaan y.

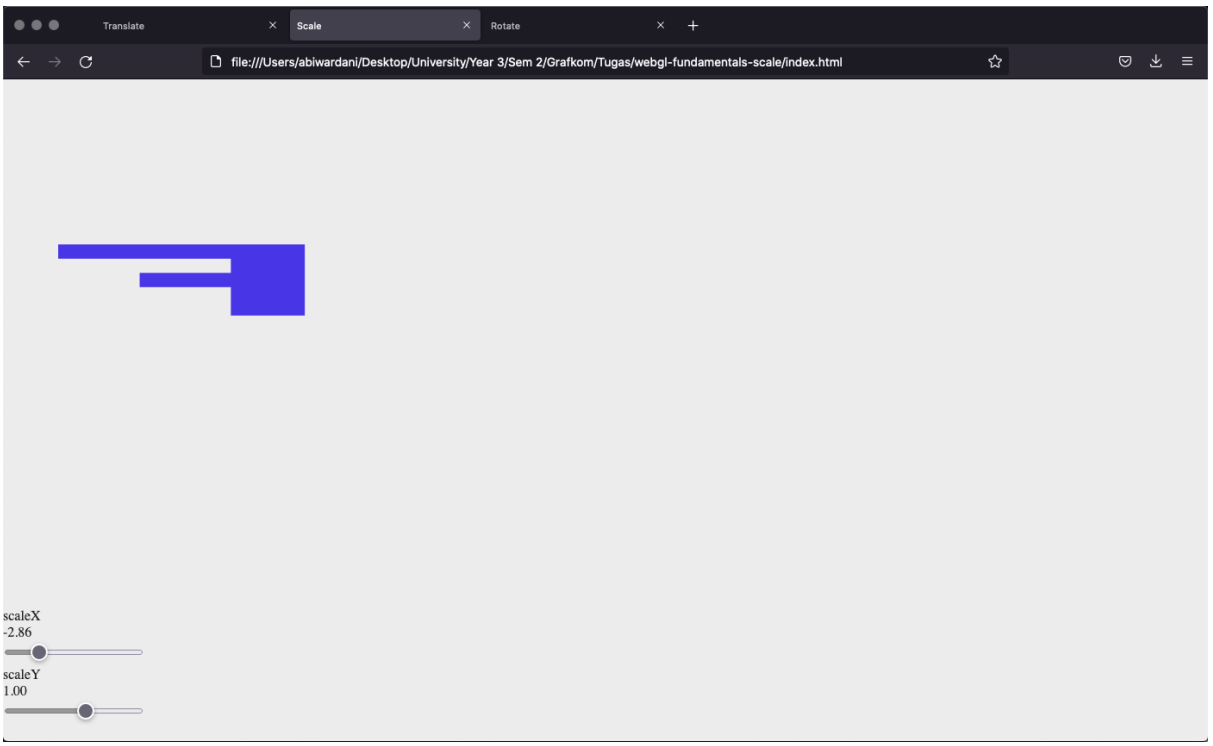
b. Penskalaan x lebih dari 1
Slider scaleX digeser ke kanan untuk memperbesar gambar pada sumbu x (melakukan *stretching*).



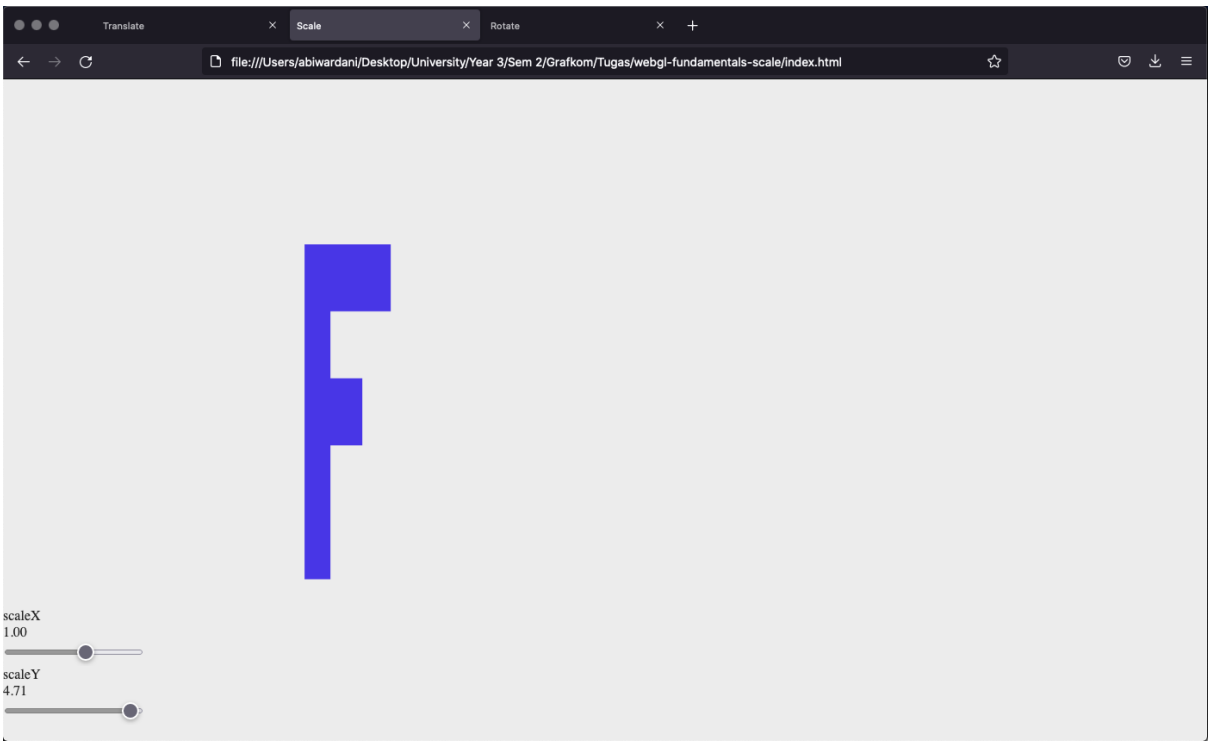
c. Penskalaan x antara 0 dan 1
Slider scaleX digeser ke kiri, antara 0 dan 1, untuk memperkecil gambar pada sumbu x (melakukan *squeezing*).



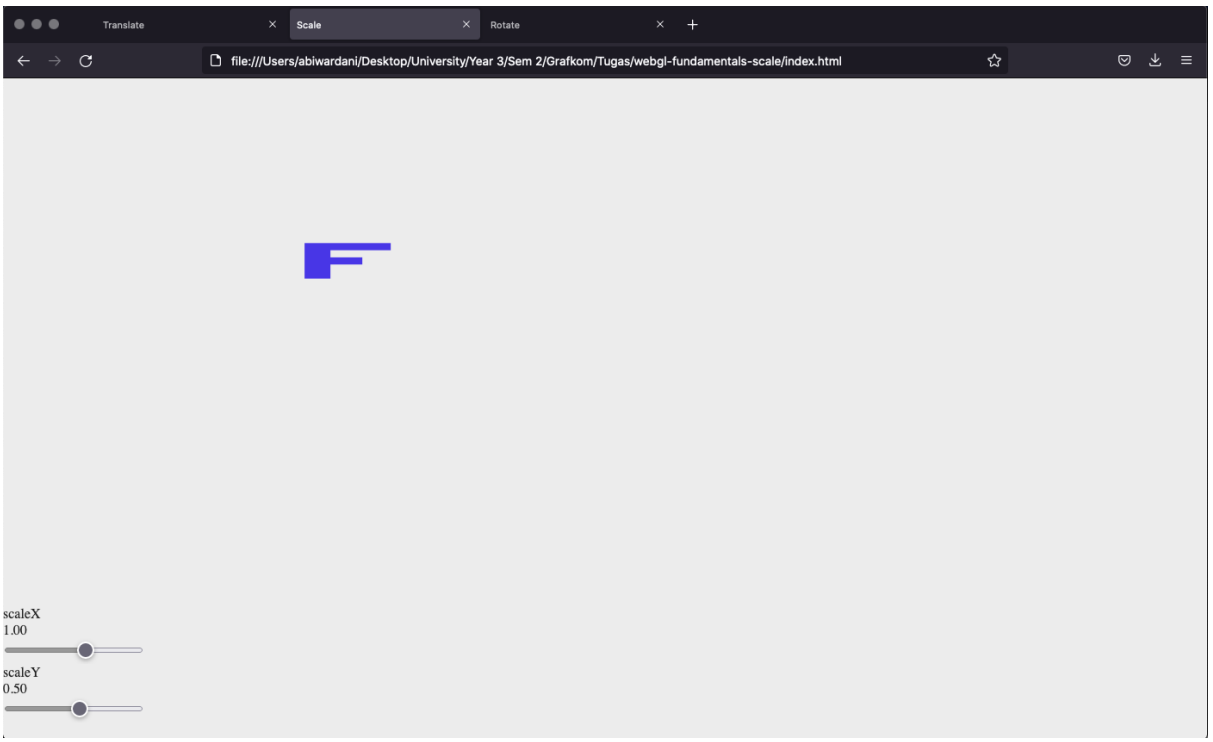
d. Penskalaan x kurang dari 0
Slider scaleX digeser ke kiri, kurang dari 0, untuk mencerminkan gambar pada sumbu x (melakukan *reflection*).



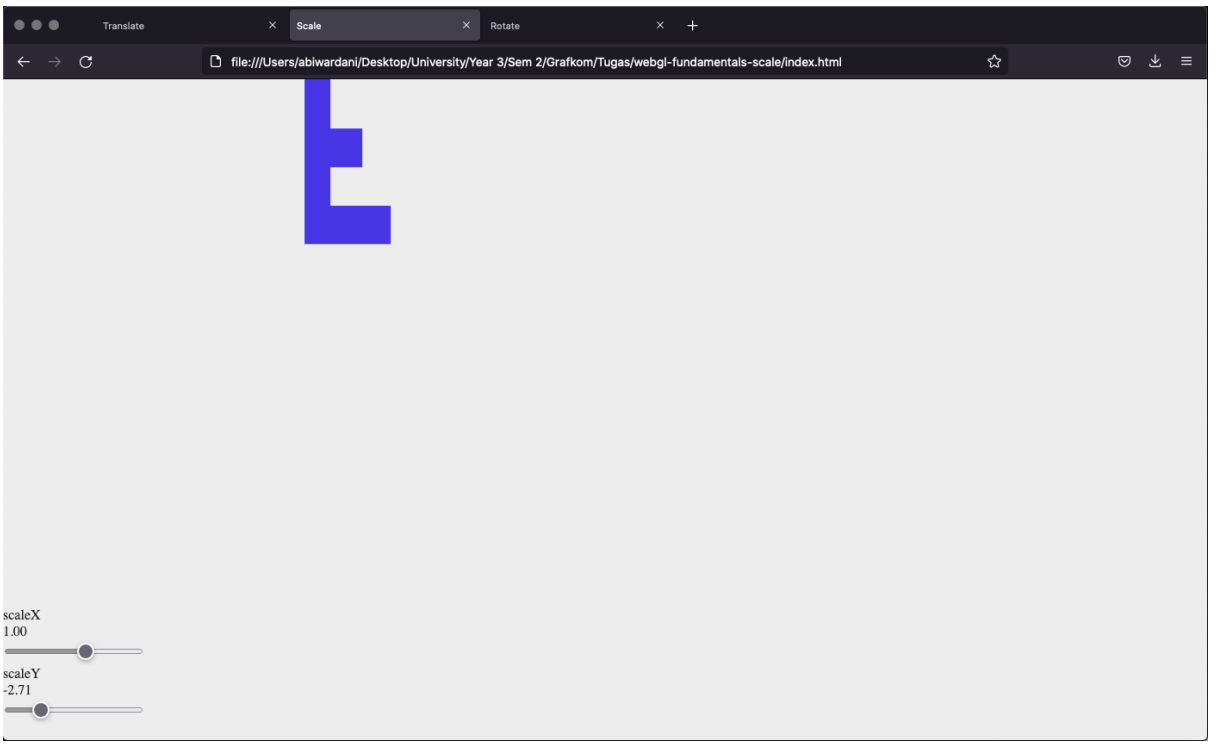
e. Penskalaan y lebih dari 1
Slider scaleY digeser ke kanan untuk memperbesar gambar pada sumbu y (melakukan *stretching*).



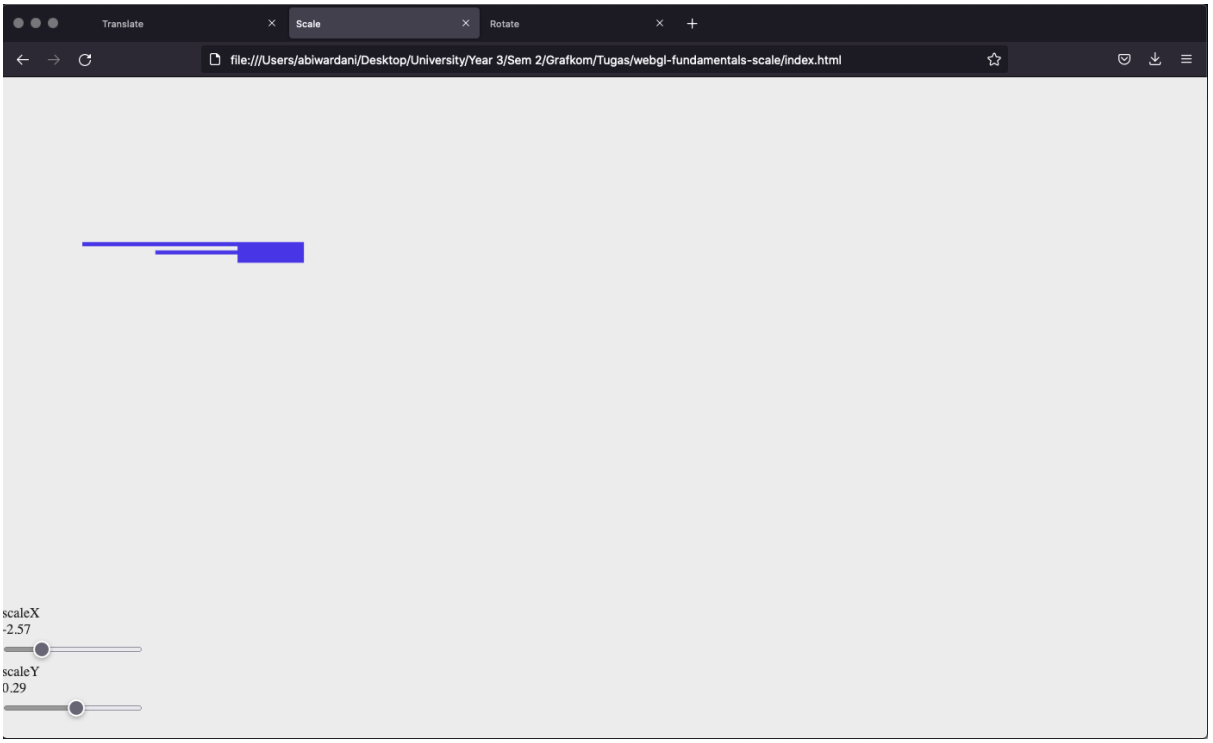
f. Penskalaan y antara 0 dan 1
Slider scaleY digeser ke kiri, antara 0 dan 1, untuk memperkecil gambar pada sumbu y (melakukan *squeezing*).



g. Penskalaan y kurang dari 0
Slider scaleY digeser ke kiri, kurang dari 0, untuk mencerminkan gambar pada sumbu y (melakukan *reflection*).



h. Penskalaan gabungan
Slider scaleX digeser ke kiri kurang dari 0 dan *slider* scaleY digeser ke kiri di antara 0 dan 1. Gambar tercerminkan sepanjang sumbu x dan menjadi semakin gepeng pada sumbu y.



8. Lampiran

a. Source Code
Source code dapat diakses di repository github pada link https://github.com/abiwardani/webgl-fundamentals-scale

b. Video
   Video singkat penjelasan “Scale” dapat ditonton pada link YouTube https://www.youtube.com/watch?v=Jf3OxsKRsfA