

UJIAN AKHIR SEMESTER

SI-6231 PEMODELAN KUALITAS, SUNGAI, DANAU, DAN MUARA



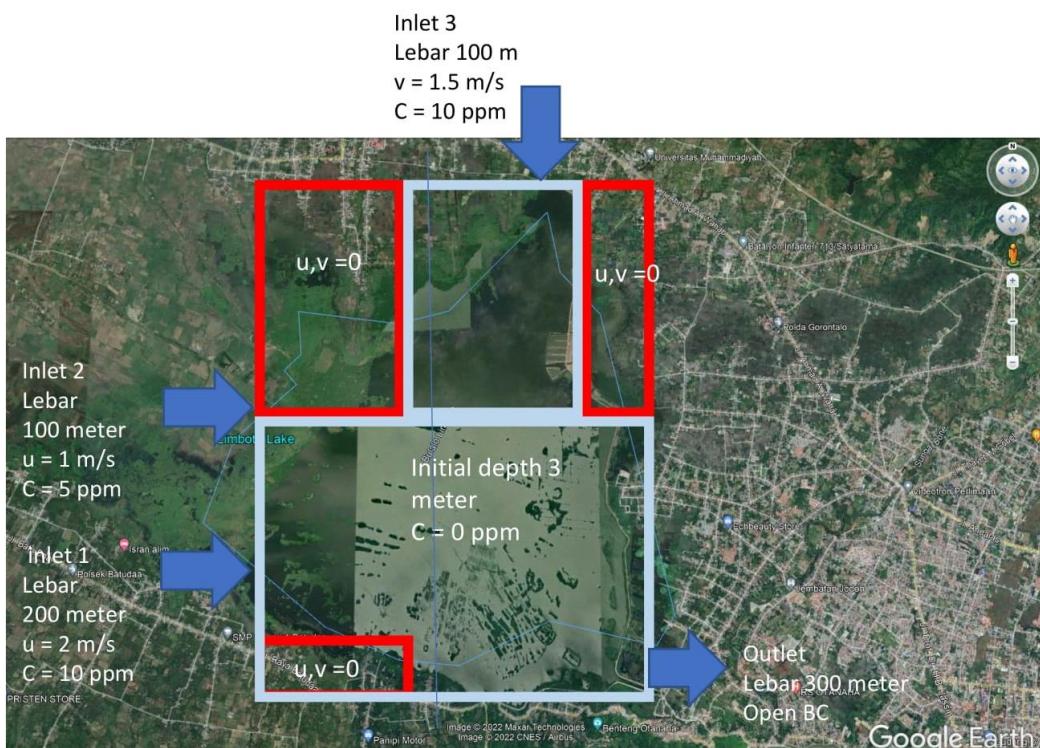
Disusun Oleh:

Akhmad Iqbal Ikromi 25021042

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

2022

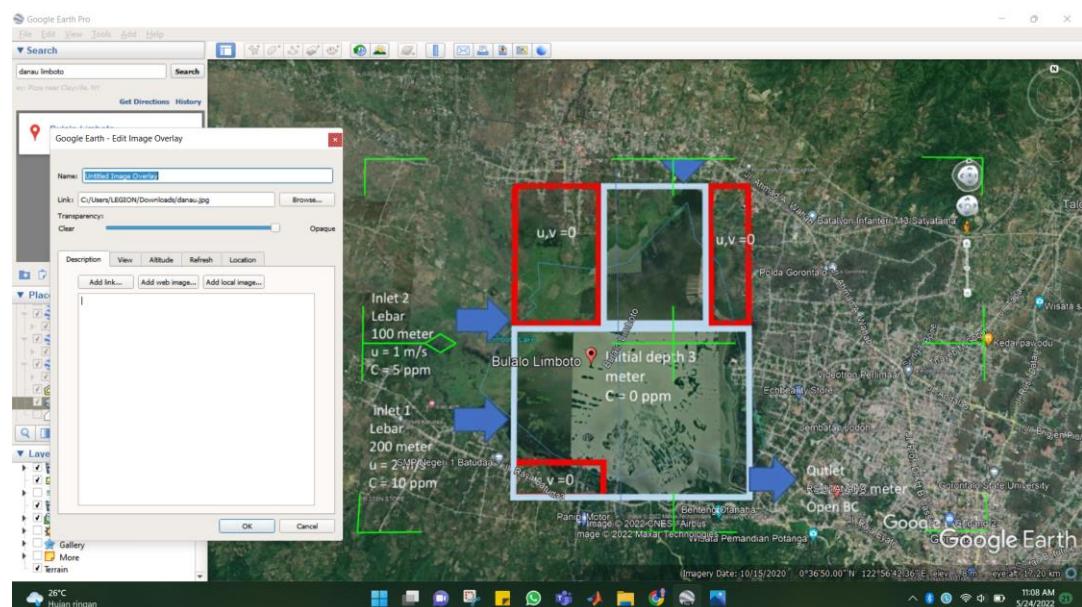
1. Simulasikan kasus pencemaran di danau limboto di bawah ini (2D)



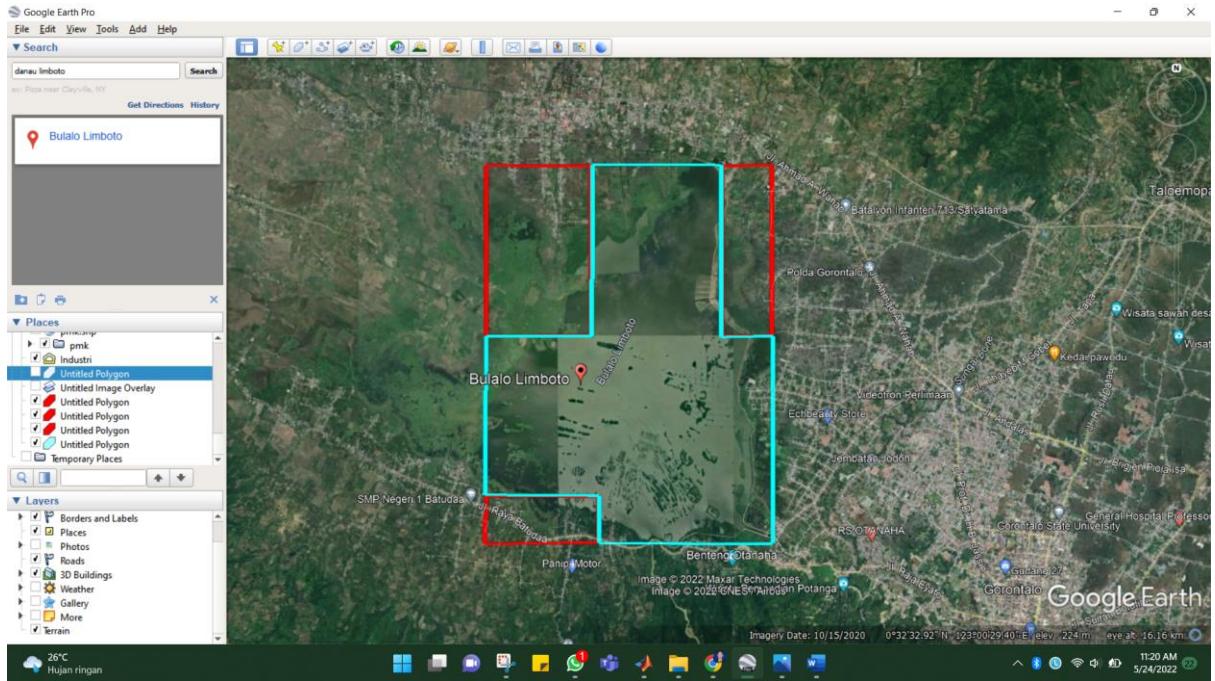
- Simulasikan pencemaran yang terjadi hingga $t = 48$ jam; gambarkan pola pencemaran yang terjadi pada $t = 6$ jam, 12 jam, 18 jam, 24 jam, 48 jam. Berikan analisis anda
- Jika setelah 48 jam, C pada seluruh inlet = 0; berapa lama waktu yang diperlukan agar kondisi konsentrasi C di danau kembali menjadi nol? Berikan gambar/plot prosesnya berserta dengan analisis

PENYELESAIAN

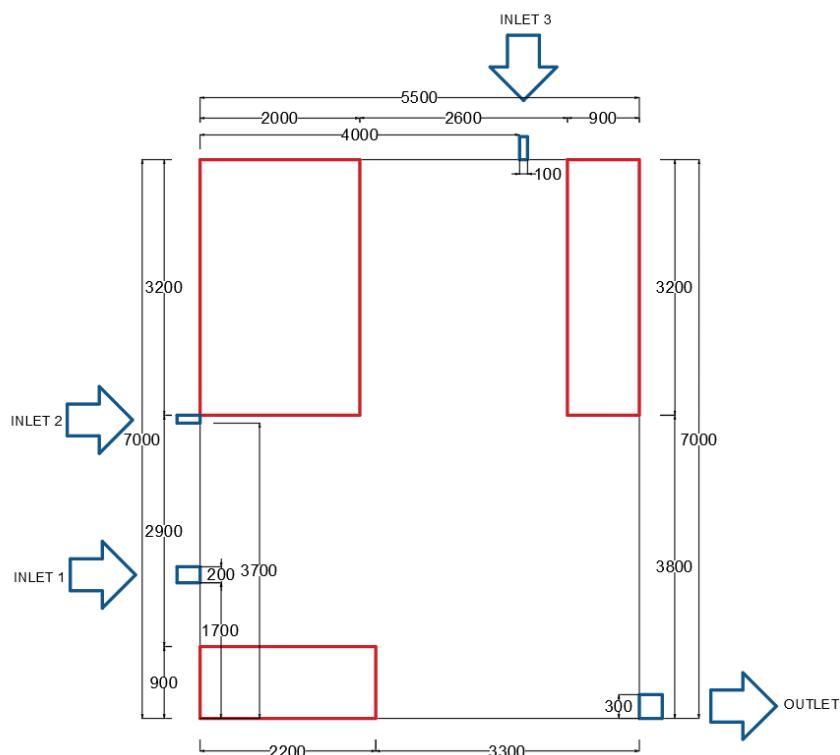
Langkah Pertama yang harus dilakukan adalah melakukan georeferencing dari gambar yang di berikan pada soal untuk memperkirakan dimensi batas yang diberikan di Soal.



Kemudian melakukan delineasi ulang sesuai dengan image overlay yang sudah digeoreferencing.



Peniruan geometri yang telah diberikan pada soal, kemudian dilakukan pengukuran. Dari hasil pengukuran melalui google earth, kemudian didapatkan dimensi sebagai berikut.



Skema tersebut akan digunakan untuk melakukan simulasi pada danau. Simulasi yang dilakukan adalah pemodelan kualitas air secara 2 Dimensi dengan diskritisasi Mac Cormack.

Diskritisasi Mac Cromack 2 Dimensi unutk Hidrodinamik dan Kualitas air dituliskan sebagai berikut.

KONTINUITAS:

%PREDICTOR

$$h^P = h_{i,j}^t - U_{i,j}^t \frac{dt}{dx} (h_{i+1,j}^t - h_{i,j}^t) - h_{i,j}^t \frac{dt}{dx} (U_{i+1,j}^t - U_{i,j}^t) - V_{i,j}^t \frac{dt}{dy} (h_{i,j+1}^t - h_{i,j}^t) - h_{i,j}^t \frac{dt}{dy} (V_{i,j+1}^t - V_{i,j}^t)$$

%CORRECTOR

$$\begin{aligned} h_{i,j}^{t+1} = & h_{i,j}^{t+1/2} - U_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dx} h_{i,j}^P - h_{i-1,j}^P - h_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dx} U_{i,j}^P - U_{i-1,j}^P - V_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dy} h_{i,j}^P - h_{i,j-1}^P \\ & - h_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dy} V_{i,j}^P - V_{i,j-1}^P \end{aligned}$$

%%%%%

$$h_{i,j}^{t+1/2} = \frac{h_{i,j}^t + h_{i,j}^P}{2}$$

$$U_{i,j}^{t+1/2} = \frac{U_{i,j}^t + U_{i,j}^P}{2}$$

$$V_{i,j}^{t+1/2} = \frac{V_{i,j}^t + V_{i,j}^P}{2}$$

MOMENTUM:

ARAH X

%PREDICTOR

$$\begin{aligned} U^P = & U_{i,j}^t - U_{i,j}^t \frac{dt}{dx} (U_{i+1,j}^t - U_{i,j}^t) - V_{i,j}^t \frac{dt}{dy} (U_{i,j+1}^t - U_{i,j}^t) - g \frac{dt}{dx} \{(h_{i+1,j}^t + z_{i+1,j}^t) - (h_{i,j}^t + z_{i,j}^t)\} \\ & + g(S_{ox} - S_{fx}) \end{aligned}$$

%CORRECTOR

$$\begin{aligned} U_{i,j}^{t+1} = & U_{i,j}^P - U_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dx} (U_{i,j}^t - U_{i-1,j}^t) - V_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dy} (U_{i,j}^t - U_{i,j-1}^t) - g \frac{dt}{2dx} \{(h_{i,j}^t + z_{i,j}^t) - (h_{i+1,j}^t + z_{i-1,j}^t)\} \\ & + g(S_{ox} - S_{fx}) \end{aligned}$$

MOMENTUM:

ARAH Y

%PREDICTOR

$$V^P = V_{i,j}^t - U_{i,j}^t \frac{dt}{dx} (V_{i+1,j}^t - V_{i,j}^t) - V_{i,j}^t \frac{dt}{dy} (V_{i,j+1}^t - V_{i,j}^t) - g \frac{dt}{dy} \{(h_{i,j+1}^t + z_{i,j+1}^t) - (h_{i,j}^t + z_{i,j}^t)\} + g(S_{oy} - S_{fy})$$

%CORRECTOR

$$V_{i,j}^{t+1} = V_{i,j}^P - U_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dx} (V_{i,j}^P - V_{i-1,j}^P) - V_{i,j}^{t+1/2} \frac{dt}{2dy} (V_{i,j}^P - V_{i,j-1}^P) - g \frac{dt}{2dy} \{(h_{i,j}^P + z_{i,j}^P) - (h_{i,j-1}^P + z_{i,j-1}^P)\} + g(S_{oy} - S_{fy})$$

-----%% Diskritisasi Mac Cormack 2D untuk Kualitas Air%%-----

%tahap predictor

$$c_{i,j}^P = \left\{ h_{i,j}^t \times c_{i,j}^t - dt \times \left(\frac{u_{i+1,j}^t \times h_{i+1,j}^t \times c_{i+1,j}^t - u_{i,j}^t \times h_{i,j}^t \times c_{i,j}^t}{dx} + \frac{v_{i,j+1}^t \times h_{i,j+1}^t \times c_{i,j+1}^t - v_{i,j}^t \times h_{i,j}^t \times c_{i,j}^t}{dy} - h_{i,j}^t A_c \frac{c_{i+2,j}^t - 2c_{i+1,j}^t + c_{i,j}^t}{(2dx)^2} \right. \right. \\ \left. \left. - h_{i,j}^t A_c \frac{c_{i,j+2}^t - 2c_{i,j+1}^t + c_{i,j}^t}{(2dy)^2} \right) \right\} / h_{i,j}^t$$

% tahap corrector → FINAL

$$c_{i,j}^{t+1} = \left\{ h_{i,j}^t \times c_{i,j}^{t+1/2} \right. \\ \left. - dt \times \left(\frac{u_{i,j}^t \times h_{i,j}^t \times c_{i,j}^t - u_{i-1,j}^t \times h_{i-1,j}^t \times c_{i-1,j}^t}{dx} + \frac{v_{i,j}^t \times h_{i,j}^t \times c_{i,j}^t - v_{i,j-1}^t \times h_{i,j-1}^t \times c_{i,j-1}^t}{dy} \right. \right. \\ \left. \left. - h_{i,j}^t A_c \frac{c_{i,j}^t - 2c_{i-1,j}^t + c_{i-2,j}^t}{(2dx)^2} - h_{i,j}^t A_c \frac{c_{i,j}^t - 2c_{i,j-1}^t + c_{i,j-2}^t}{(2dy)^2} \right) \right\} / h_{i,j}^t$$

$$c_{i,j}^{t+1/2} = 0.5 \times (c_{i,j}^t + c_{i,j}^P)$$

Berdasarkan diskritisasi berikut, digunakan program matlab yang ditulis sebagai berikut dan akan dijelaskan pada tahap simulasinya.

```

%UAS-PEMODELAN KUALITAS AIR - 2022
%AUTHOR:: AKHMAD IQBAL IKROMI - 25021042

clear
clf
clc

time=3600*100;
dt=0.2;
loop=time/dt;
% output=time/(3600/5);
output=3600*2;
L=5500; %m
b=7000; %m
n=0.03;
g=9.81;

dx=100;
dy=100;

sox=0;
soy=0;

im=L/dx+1;
jm=b/dy+1;
ac=200;

Pe=2;
%initial condition
for i=1:im
    for j=1:jm
        x(i,j)=(i-1)*dx;
        y(i,j)=(j-1)*dy;
        u(i,j)=0;
        Ltot(i,j)=i;
        Btot(i,j)=j;
        v(i,j)=0;
        h(i,j)=3;
        c(i,j)=0;
        z(i,j)=0;
    end
end

%lokasi inlet dan outlet
%coding ini menggunakan dx=100 sehingga dalam penentuan nilai i -nya
%berbeda-beda tiap kondisi, yang ditulis sebagai berikut.


```

```

%INLET 1
in1awalj=1700/dy+1;
in1akhirj=1900/dy;
in1i=0/dx+1;
for i=in1i:3
    for j=in1awalj:in1akhirj
        inlet1i(i,j)=(i-1)*dx;
        inlet1j(i,j)=(j-1)*dy;
    end
end

```

```
%INLET 2
in2awalj=3700/dy+1;
in2akhirj=3700/dy+1;
in2i=0/dx+1;
for i=in2i:3
    for j=in2awalj:in2akhirj
        ilet2i(i,j)=(i-1)*dx;
        ilet2j(i,j)=(j-1)*dy;
    end
end
```

```
%INLET3
in3awali=4000/dx+1;
in3akhiri=4000/dx+1;
in3j=7000/dx+1;
for i=in3awali:in3akhiri
    for j=(in3j-3):in3j
        ilet3i(i,j)=(i-1)*dx;
        ilet3j(i,j)=(j-1)*dy;
    end
end
```

```
%OUTLET
outawalj=0/dy+1;
outakhirj=300/dy+1;
outi=5500/dx+1;
for i=outi-3:outi
    for j=outawalj:outakhirj
        iout(i,j)=(i-1)*dx;
        jout(i,j)=(j-1)*dy;
    end
end
```

```
%LOKASI DARATAN
%DARATAN 1 ukuran 900 x 2200
d1awali=0/dx+1;
d1akhiri=2200/dx+1;
d1awalj=0/dy+1;
d1akhirj=900/dy+1;
for i=d1awali:d1akhiri
    for j=d1awalj:d1akhirj
        B1i(i,j)=(i-1)*dx;
        B1j(i,j)=(j-1)*dy;
    end
end
```

```
%DARATAN 2 ukuran 3200 x 2000
d2awali=0/dx+1;
d2akhiri=2000/dx+1;
d2awalj=3800/dy+1;
d2akhirj=7000/dy+1;
for i=d2awali:d2akhiri
    for j=d2awalj:d2akhirj
        B2i(i,j)=(i-1)*dx;
        B2j(i,j)=(j-1)*dy;
    end
end
```

```

%DARATAN 3 ukuran 950 x 3200
d3awali=4500/dx+1;
d3akhiri=5500/dx+1;
d3awalj=3800/dy+1;
d3akhirj=7000/dy+1;
for i=d3awali:d3akhiri
    for j=d3awalj:d3akhirj
        B3i(i,j)=(i-1)*dx;
        B3j(i,j)=(j-1)*dy;
    end
end

%PLOTTING PRE-RUN
% plot(x,y,'.', 'Color', 'blue');
% hold on
% plot(B1i,B1j,'.', 'Color', 'red');
% plot(B2i,B2j,'.', 'Color', 'red');
% plot(B3i,B3j,'.', 'Color', 'red');
% plot(ilet1i,ilet1j,'.', 'color', 'green');
% plot(ilet2i,ilet2j,'.', 'color', 'green');
% plot(ilet3i,ilet3j,'.', 'color', 'green');
% plot(iout,jout,'.', 'color', 'green');
%
% axis equal
% title('Pre-Running Program Kualitas Air');
% pause
% clf

%UAS-PEMODELAN KUALITAS AIR - 2022
%AUTHOR:: AKHMAD IQBAL IKROMI - 25021042

%engine
for t=1:loop
    %% HYDRODYNAMIC ENGINE
    for i=1:im-1
        for j=1:jm-1
            %predictor

                %kontinuitas
                udhdxp=u(i,j)*(h(i+1,j)-h(i,j))/dx;
                hdudxp=h(i,j)*(u(i+1,j)-u(i,j))/dx;
                vdhdxp=v(i,j)*(h(i,j+1)-h(i,j))/dy;
                hvdxp=h(i,j)*(v(i,j+1)-v(i,j))/dy;
                hp(i,j)=h(i,j)-dt*(udhdxp+hdudxp+vdhdxp+hvdxp);

                %momentum arah x
                sfx=n^2*u(i,j)*(u(i,j)^2+v(i,j)^2)^0.5/(h(i,j)^(4/3));
                mo1xp=u(i,j)*(u(i+1,j)-u(i,j))/dx;
                mo2xp=v(i,j)*(u(i,j+1)-u(i,j))/dy;
                mo3xp=g*(h(i+1,j)+z(i+1,j)-h(i,j)-z(i,j))/dx;
                mo4xp=g*(sfx-sfx);
                up(i,j)=u(i,j)-dt*(mo1xp+mo2xp+mo3xp-mo4xp);

                %momentum arah y
                sfy=n^2*v(i,j)*(u(i,j)^2+v(i,j)^2)^0.5/(h(i,j)^(4/3));
                mo1yp=u(i,j)*(v(i+1,j)-v(i,j))/dx;
                mo2yp=v(i,j)*(v(i,j+1)-v(i,j))/dy;
                mo3yp=g*(h(i,j+1)+z(i,j+1)-h(i,j)-z(i,j))/dy;

```

```

    mo4yp=g*(soy-sfy);
    vp(i,j)=v(i,j)-dt*(mo1yp+mo2yp+mo3yp-mo4yp);
end
for i=2:im-1
    for j=2:jm-1

        %corrector
        uhalf=0.5*(u(i,j)+up(i,j));
        vhalf=0.5*(v(i,j)+vp(i,j));
        hhalf=0.5*(h(i,j)+hp(i,j));

        %kontinuitas
        udhdx=uhalf*(hp(i,j)-hp(i-1,j))/dx;
        hdudx=hhalf*(up(i,j)-up(i-1,j))/dx;
        vdhdxc=vhalf*(hp(i,j)-hp(i,j-1))/dy;
        hdvdx=hhalf*(vp(i,j)-vp(i,j-1))/dy;
        hn(i,j)=hhalf-dt/2*(udhdx+hdudx+vdhdx+hdvdx);

        %momentum arah x
        sfx=n^2*uhalf*(uhalf^2+vhalf^2)^0.5/(hhalf^(4/3));
        mo1xc=uhalf*(up(i,j)-up(i-1,j))/dx;
        mo2xc=vhalf*(up(i,j)-up(i,j-1))/dy;
        mo3xc=g*(hp(i,j)+z(i,j)-hp(i-1,j)-z(i-1,j))/dx;
        mo4xc=g*(soy-sfx);
        un(i,j)=uhalf-dt/2*(mo1xc+mo2xc+mo3xc-mo4xc);

        %momentum arah y
        sfy=n^2*vhalf*(uhalf^2+vhalf^2)^0.5/(hhalf^(4/3));
        mo1yc=uhalf*(vp(i,j)-vp(i-1,j))/dx;
        mo2yc=vhalf*(vp(i,j)-vp(i,j-1))/dy;
        mo3yc=g*(hp(i,j)+z(i,j)-hp(i,j-1)-z(i,j-1))/dy;
        mo4yc=g*(soy-sfy);
        vn(i,j)=vhalf-dt/2*(mo1yc+mo2yc+mo3yc-mo4yc);

    end
end

%boundary condition

%dinding kanan kiri
for i=2:im-1
    %kanan
    hn(i,1)=hn(i,2);
    un(i,1)=un(i,2);
    vn(i,1)=0;

    %kiri
    hn(i,jm)=hn(i,jm-1);
    un(i,jm)=un(i,jm-1);
    vn(i,jm)=0;
end
%ujung kanan kiri
for j=2:jm-1
    %tembok
    un(1,j)=0;
    un(im,j)=0;
    %ujung kiri

```

```

hn(1,j)=hn(2,j);
vn(1,j)=0;

%ujung kanan
hn(im,j)=hn(im-1,j);
vn(im,j)=0;
end

%% SYARAT BATAS DARATAN
%Daratan 1
for i=d1awali:d1akhiri
    for j=d1awalj:d1akhirj
        un(i,j)=0;
        vn(i,j)=0;
    end
end

%Daratan 2
for i=d2awali:d2akhiri
    for j=d2awalj:d2akhirj
        un(i,j)=0;
        vn(i,j)=0;
    end
end

%Daratan 3
for i=d3awali:d3akhiri
    for j=d3awalj:d3akhirj
        un(i,j)=0;
        vn(i,j)=0;
    end
end

%% SYARAT BATAS SPILL POLUTAN DAN OUTLET MOMENTUM
%inlet arah x
%INLET 1
for j=in1awalj:in1akhirj
    un(1,j)=2;
    hn(1,j)=3;
end

%INLET 2
for j=in2awalj:in2akhirj
    un(1,j)=1;
    hn(1,j)=3;
end

%inlet arah y
%INLET 3
for i=in3awali:in3akhiri
    vn(i,jm)=-1.5;
    hn(i,jm)=3;
end

%OUTLET
for j=outawalj:outakhirj
    vn(im,j)=0;
    un(im,j)=un(im-1,j); %BC Open

```

```

hn(im,j)=3;
end

%bagian sudut

hn(1,1)=(hn(1,2)+hn(2,1))/2;
hn(1,jm)=(hn(2,jm)+hn(1,jm-1))/2;
hn(im,1)=(hn(im-1,1)+hn(im,2))/2;
hn(im,jm)=(hn(im,jm-1)+hn(im-1,jm))/2;

un(1,1)=(un(1,2)+un(2,1))/2;
un(1,jm)=(un(2,jm)+un(1,jm-1))/2;
un(im,1)=(un(im-1,1)+un(im,2))/2;
un(im,jm)=(un(im,jm-1)+un(im-1,jm))/2;

vn(1,1)=(vn(1,2)+vn(2,1))/2;
vn(1,jm)=(vn(2,jm)+vn(1,jm-1))/2;
vn(im,1)=(vn(im-1,1)+vn(im,2))/2;
vn(im,jm)=(vn(im,jm-1)+vn(im-1,jm))/2;

%loop
h=hn;
v=vn;
u=un;

%filter
hfl=h;
vfl=v;
ufl=u;
cof=0.99;
for i=2:im-1
    for j=2:jm-1
        h(i,j)=cof*hfl(i,j)+(1-cof)*(hfl(i+1,j)+hfl(i,j+1)+hfl(i,j)+hfl(i-1,j)+hfl(i,j-1))/5;
        v(i,j)=cof*vfl(i,j)+(1-cof)*(vfl(i+1,j)+vfl(i,j+1)+vfl(i,j)+vfl(i-1,j)+vfl(i,j-1))/5;
        u(i,j)=cof*ufl(i,j)+(1-cof)*(ufl(i+1,j)+ufl(i,j+1)+ufl(i,j)+ufl(i-1,j)+ufl(i,j-1))/5;
    end
end

%UAS-PEMODELAN KUALITAS AIR - 2022
%AUTHOR:: AKHMAD IQBAL IKROMI - 25021042
%% WATER QUALITY ENGINE
for i=1:im-2
    for j=1:jm-2

        %predictor

        suku1p=(u(i+1,j)*h(i+1,j)*c(i+1,j)-u(i,j)*h(i,j)*c(i,j))/dx;
        suku2p=(v(i,j+1)*h(i,j+1)*c(i,j+1)-v(i,j)*h(i,j)*c(i,j))/dy;
        suku3p=ac*h(i,j)*(c(i+2,j)-2*c(i+1,j)+c(i,j))/(2*dx)^2;
        suku4p=ac*h(i,j)*(c(i,j+2)-2*c(i,j+1)+c(i,j))/(2*dy)^2;
        cp(i,j)=(h(i,j)*c(i,j)+dt*(suku3p+suku4p-suku1p-suku2p))/h(i,j);
    end
end
for i=3:im-2
    for j=3:jm-2

```

```

%corrector-final
chalf=0.5*(c(i,j)+cp(i,j));
suku1c=(u(i,j)*h(i,j)*c(i,j)-u(i-1,j)*h(i-1,j)*c(i-1,j))/dx;
suku2c=(v(i,j)*h(i,j)*c(i,j)-v(i,j-1)*h(i,j-1)*c(i,j-1))/dy;
suku3c=ac*h(i,j)*(c(i,j)-2*c(i-1,j)+c(i-2,j))/(2*dx)^2;
suku4c=ac*h(i,j)*(c(i,j)-2*c(i,j-1)+c(i,j-2))/(2*dy)^2;
cn(i,j)=(h(i,j)*chalf+dt*(suku3c+suku4c-suku1c-suku2c))/h(i,j);
end
end

%syarat batas
    %bagian ujung kiri ketika j=3
for j=3:jm-2
    cn(2,j)=cn(3,j);
    %bagian ujung kanan ketika i=im-1
    cn(im-1,j)=cn(im-2,j);
end
    %dinding kanan i=3
for i=3:im-2
    cn(i,2)=cn(i,3);
    %dinding kiri
    cn(i,jm-1)=cn(i,jm-2);
end
    %bagian ujung kiri ketika i=2
for j=2:jm-1
    cn(1,j)=cn(2,j);
    %bagian ujung kanan ketika i=im
    cn(im,j)=cn(im-1,j);
end

    %dinding kanan ketiks j=2
for i=2:im-1
    cn(i,1)=cn(i,2);
    %dinding kiri
    cn(i,jm)=cn(i,jm-1);
end
%% SYARAT BATAS INLET POLUTAN DAN OUTLET
if (t*dt/3600)<=48
    %inlet arah x
    %INLET 1
    for j=in1awalj:in1akhirj
        cn(1,j)=10;
    end

    %INLET 2
    for j=in2awalj:in2akhirj
        cn(1,j)=5;
    end

    %inlet arah y
    %INLET 3
    for i=in3awali:in3akhiri
        cn(i,jm)=10;
    end
else
    %inlet arah x
    %INLET 1
    for j=in1awalj:in1akhirj
        cn(1,j)=0;
    end
end

```

```

    end

%INLET 2
for j=in2awalj:in2akhirj
    cn(1,j)=0;
end

%inlet arah y
%INLET 3
for i=in3awali:in3akhiri
    cn(i,jm)=0;
end
end

%bagian sudut
cn(1,1)=(cn(1,2)+cn(2,1))/2;
cn(1,jm)=(cn(2,jm)+cn(1,jm-1))/2;
cn(im,1)=(cn(im-1,1)+cn(im,2))/2;
cn(im,jm)=(cn(im,jm-1)+cn(im-1,jm))/2;

%Sisi Daratan 1
for i=d1awali:d1akhiri
    for j=d1akhirj
        cn(i,j)=cn(i,j+1);
        cn(i,j-1)=0;
    end
end
for i=d1akhiri
    for j=d1awalj:d1akhirj
        cn(i,j)=cn(i+1,j);
    end
end

%Daratan 2
for i=d2awali:d2akhiri
    for j=d2awalj
        cn(i,j)=cn(i,j-1);
    end
end
for i=d2akhiri
    for j=d2awalj:d2akhirj
        cn(i,j)=cn(i+1,j);
    end
end

%Daratan 3
for i=d3awali:d3akhiri
    for j=d3awalj
        cn(i,j)=cn(i,j-1);
    end
end
for i=d3awali
    for j=d3awalj:d3akhirj

```

```

        cn(i,j)=cn(i-1,j);
    end
end

% untuk bagian dalam daratan
%Daratan 1
for i=d1awali:d1akhiri-1
    for j=d1awalj:d1akhirj-1
        cn(i,j)=0;
    end
end

%Daratan 2
for i=d2awali:d2akhiri-1
    for j=d2awalj+1:d2akhirj
        cn(i,j)=0;
    end
end

%Daratan 3
for i=d3awali+1:d3akhiri
    for j=d3awalj+1:d3akhirj
        cn(i,j)=0;
    end
end

%filter
cfl=cn;
cof=0.99;
for i=2:im-1
    for j=2:jm-1
        cn(i,j)=cof*cfl(i,j)+(1-cof)*(cfl(i+1,j)+cfl(i,j+1)+cfl(i,j)+cfl(i-1,j)+cfl(i,j-1))/5;
    end
end
c=cn;

%UAS-PEMODELAN KUALITAS AIR - 2022
%AUTHOR:: AKHMAD IQBAL IKROMI - 25021042
%% plotting
if mod(t*dt,output)==0
    figure(1)
    contour(x,y,c,60,ShowText="on");
    zticklabels({0 2 4 6 8 10})

    colormap("hsv")

    hold on
    quiver(x,y,u,v,5,'blue',ShowArrowHead="on",AutoScale="on");
    k1=plot(B1i,B1j,'x','Color','black');
    k2=plot(B2i,B2j,'x','Color','black');
    k3=plot(B3i,B3j,'x','Color','black');

    axis equal

    xlim([0 L]);
    ylim([0 b]);
    xlabel('Panjang Danau (m)');

```

```

ylabel('Lebar Danau (m)');

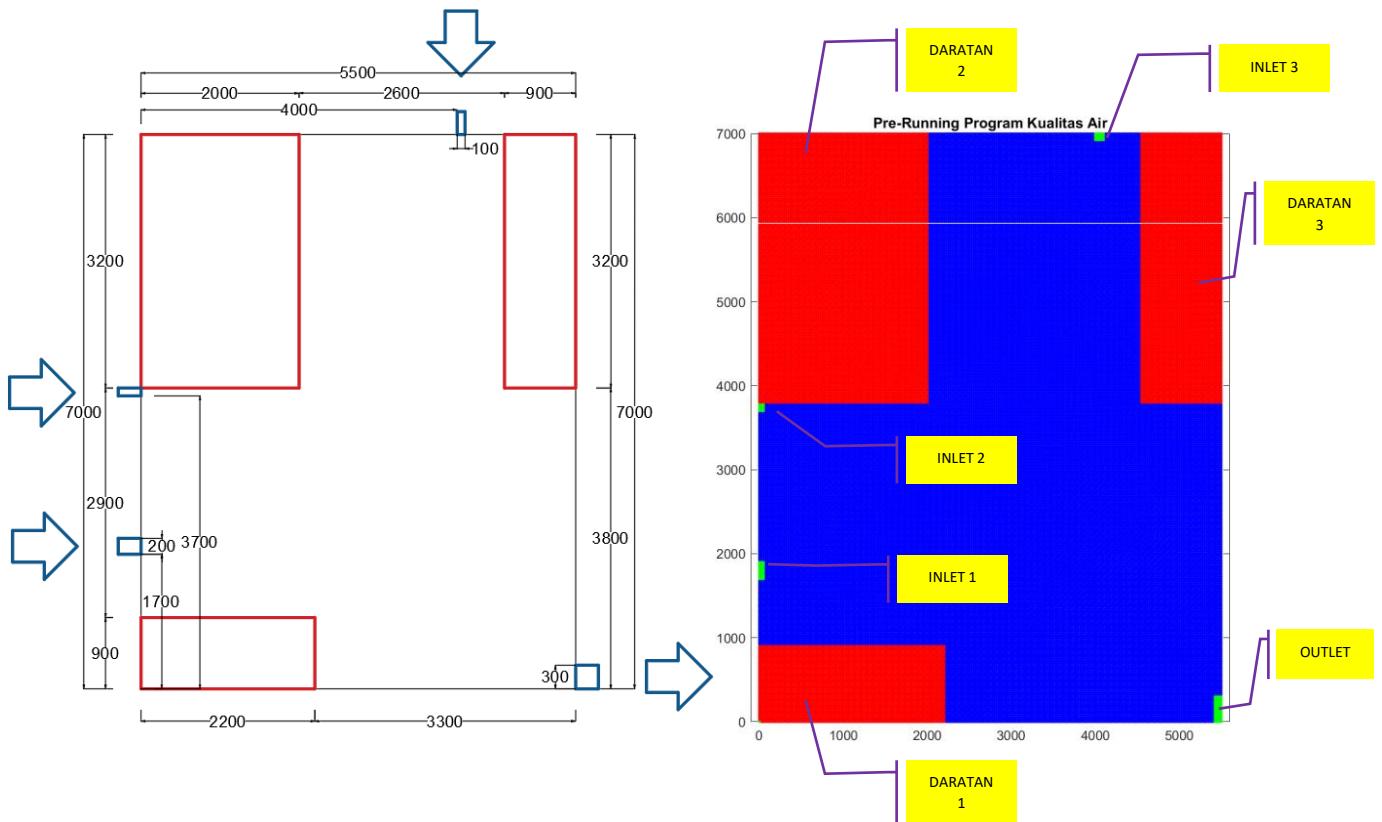
title(['Penyebaran Polutan di Danau Saat t= ',num2str(t*dt/3600), ' jam'])
hold off
saveas(gcf, ['t= ',num2str(t*dt/3600), ' jam.png']);

end

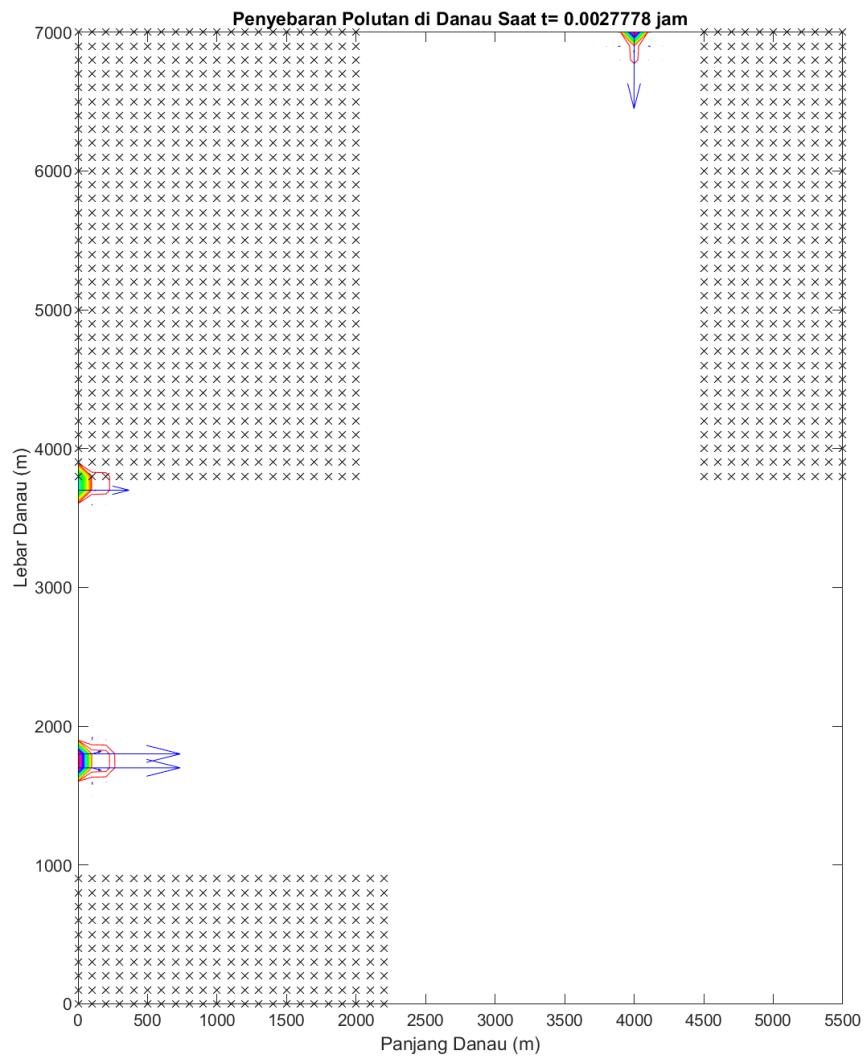
end
%UAS-PEMODELAN KUALITAS AIR - 2022
%AUTHOR:: AKHMAD IQBAL IKROMI - 25021042

```

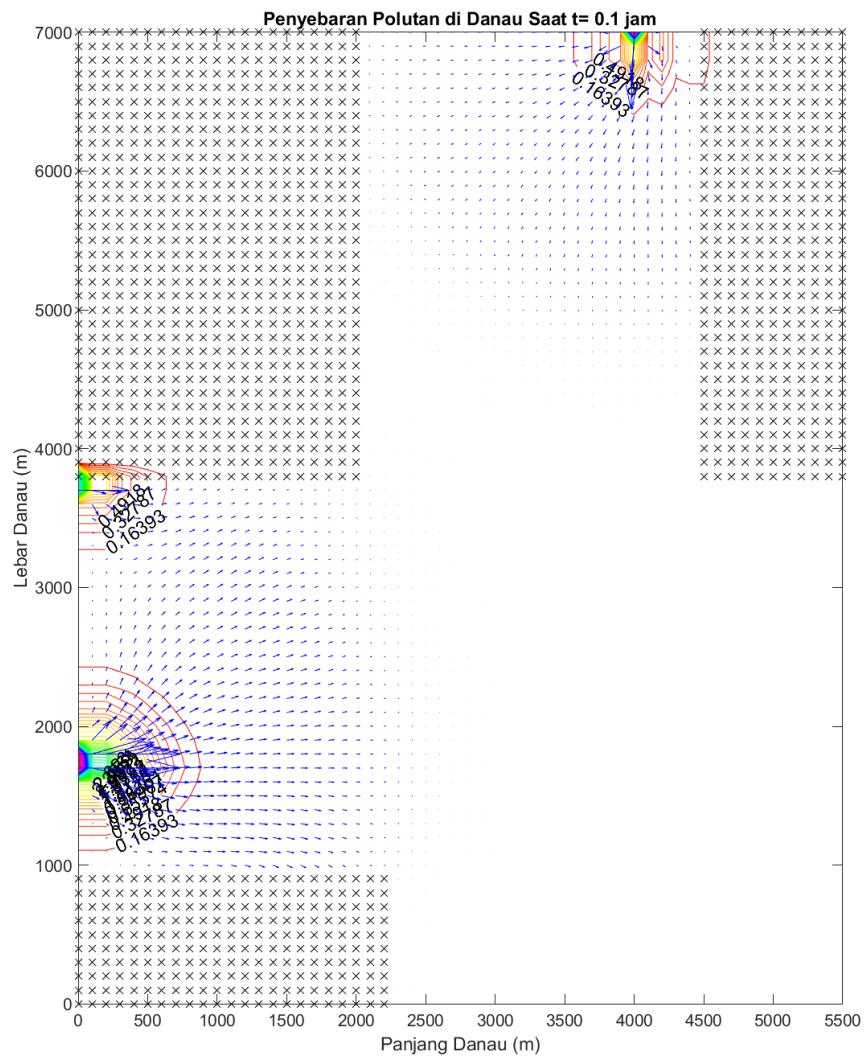
Pada saat melakukan awal running, akan ditampilkan kondisi pre-run dari program untuk memastikan model sudah sesuai dengan kondisi aslinya. Berikut ini adalah tampilan pre-run program.



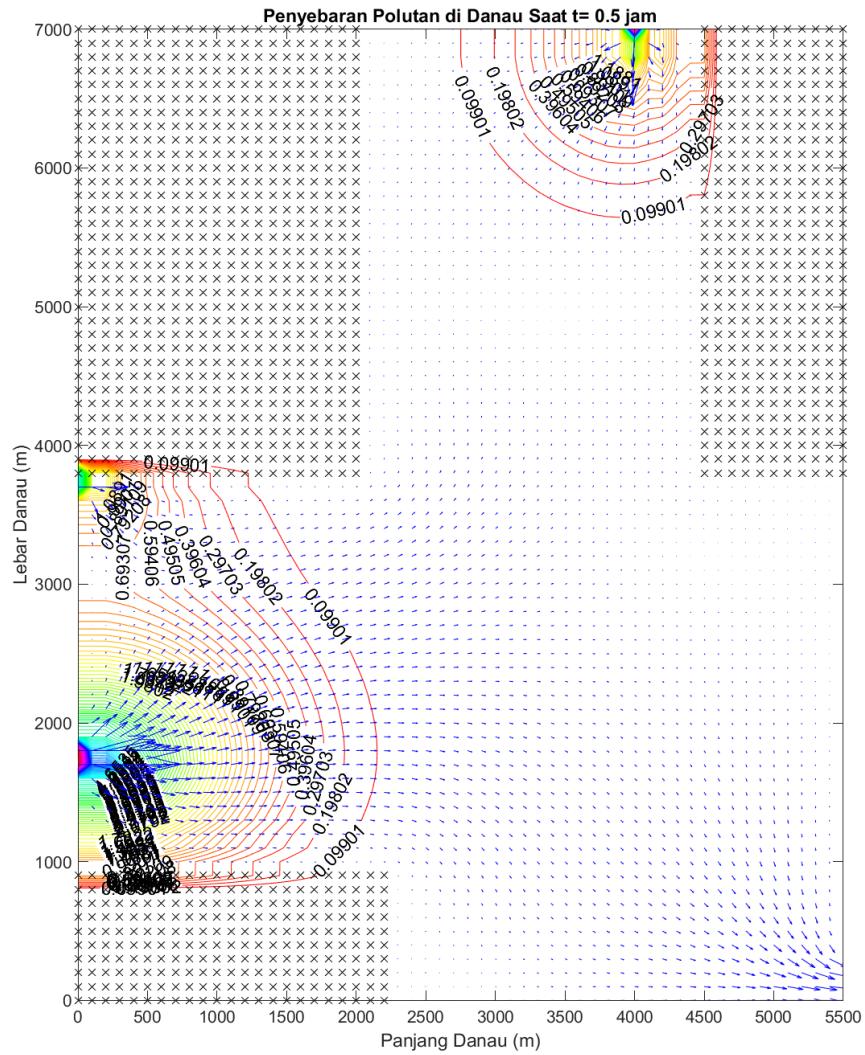
Gambar sebelah kiri adalah kondisi penyederhanaan lokasi asli (lapangan) untuk sebelah kanan adalah hasil dari pre-run beruba validasi bentuk model. Dari kedua gambar tersebut diketahui bahwa model sudah sesuai dengan kondisi yang asli, sehingga running program dapat dimulai untuk dilakukan analisis dan menjawab pertanyaan dari soal.



Pada awal simulasi, yaitu saat $t=10$ detik. Kecepatan di danau adalah 0, sehingga tidak terdapat vector kecepatan. Sedangkan pada inlet 1,2, dan 3 teramat terdapat tanda panah yang merupakan vector kecepatan masuk ke dalam danau. Polutan yang masuk sudah mulai teramat sangat kecil yang digambarkan dengan kontur. Tanda x merupakan area daratan yang tidak dilalui air.

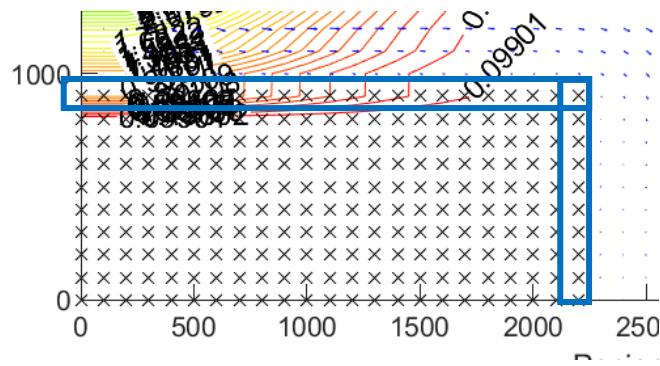


Saat t=0.1 jam, kecepatan air mulai teramati begitu juga dengan penyebaran polutan.



Pada saat $t=0.5$ jam, air mulai keluar dari outlet, vector kecepatan mulai terlihat di semua lokasi danau yang mendankan terdapat pergerakan air menuju ke outlet. Polutan dari inlet 1 dan inlet 2 mulai melebur dan bergerak menuju ke arah outlet. Sedangkan polutan dari inlet 3 masih berada di hulu dan mulai bergerak ke arah outlet.

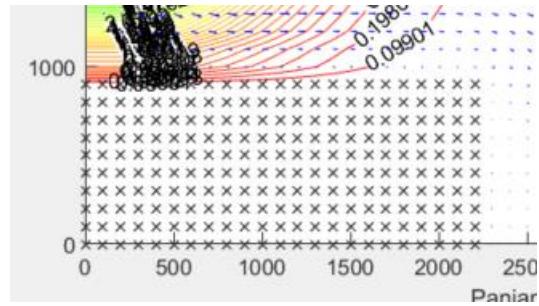
Apabila dicermati, pada pinggir bagian daratan terdapat konsentrasi polutan, padahal tidak ada air yang mengalir di area tersebut. Pada lokasi itu dilakukan coding yang berbeda untuk mendetailkan nya yang dijelaskan sebagai berikut.



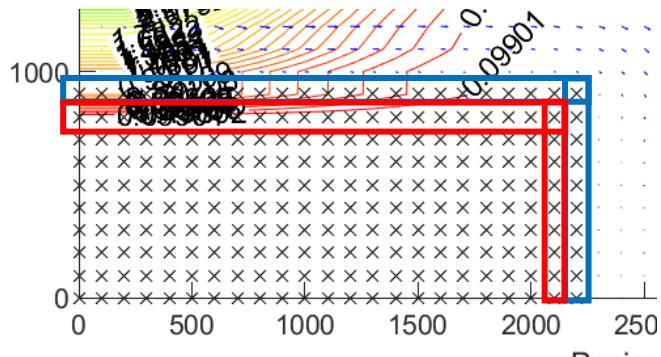
Pada area yang dilingkari biru, area tersebut dilakukan coding sama seperti pada bagian batas, dimana nilai c nya adalah mirror dari nilai sebelahnya.

```
%Sisi Daratan 1
for i=d1awali:d1akhiri
    for j=d1akhirj
        cn(i,j)=cn(i,j+1);
    end
end
for i=d1akhiri
    for j=d1awalj:d1akhirj
        cn(i,j)=cn(i+1,j);
    end
end
```

Sedangkan apabila dilakukan coding tersebut pada semua elemen daratan akan menyebabkan polutan tetap merembet ke area daratan. Dan apabila nilai c dibuat nol. Akan menyebabkan penyebaran polutan yang kurang akurat.



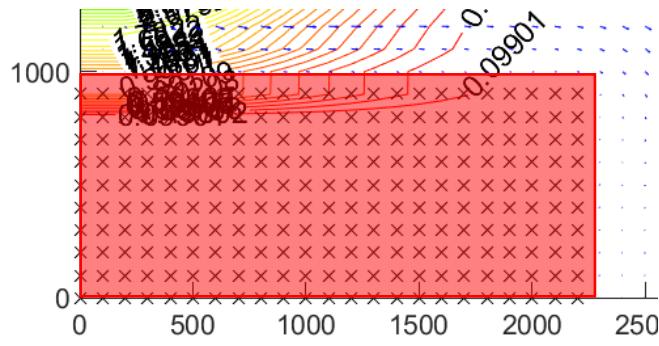
Terlihat bahwa pada dinding daratan polutan terjaga tetap 0, seharusnya tidak demikian. Sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan dengan membuat coding bagian dinding luar dan dinding dalam. Dinding luar nilai c adalah sama dengan nilai sebelumnya (kotak berwarna biru) dan dinding dalam nilai c adalah sama dengan 0 (kotak berwarna merah).



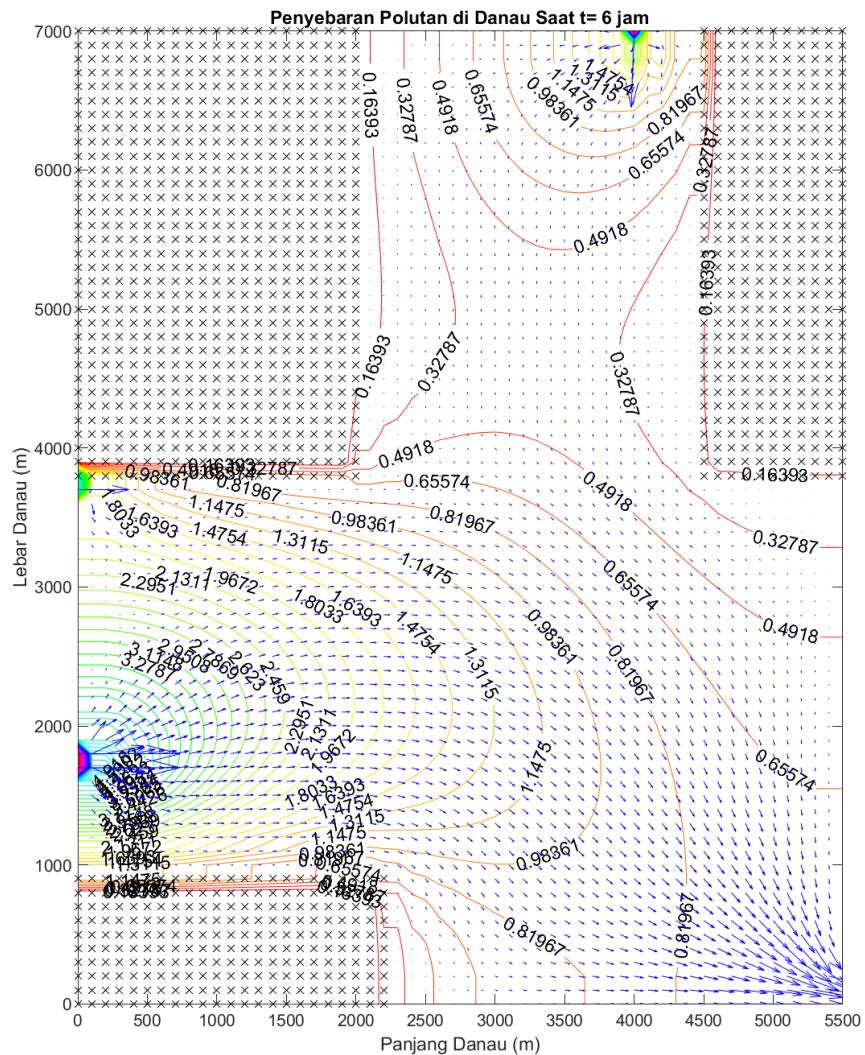
Script untuk dinding dalam (merah) adalah sebagai berikut.

```
for i=d1awali:d1akhiri-1
    for j=d1awalj:d1akhirj-1
        cn(i,j)=0;
    end
end
```

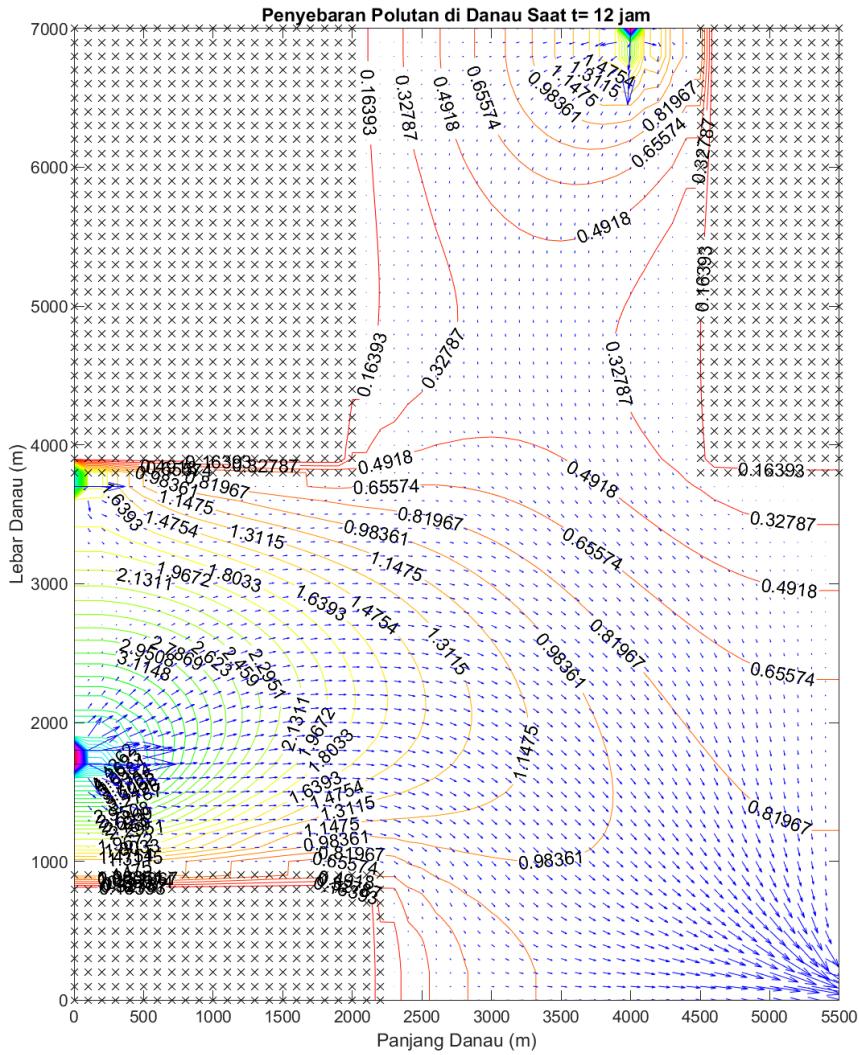
Gambar tersebut apabila dapat dilakukan plot dengan blok, akan direpresentasikan seperti berikut.



Sehingga program dapat dilanjutkan pada waktu selanjutnya sesuai permintaan soal yang dilelaskan sebagai berikut.



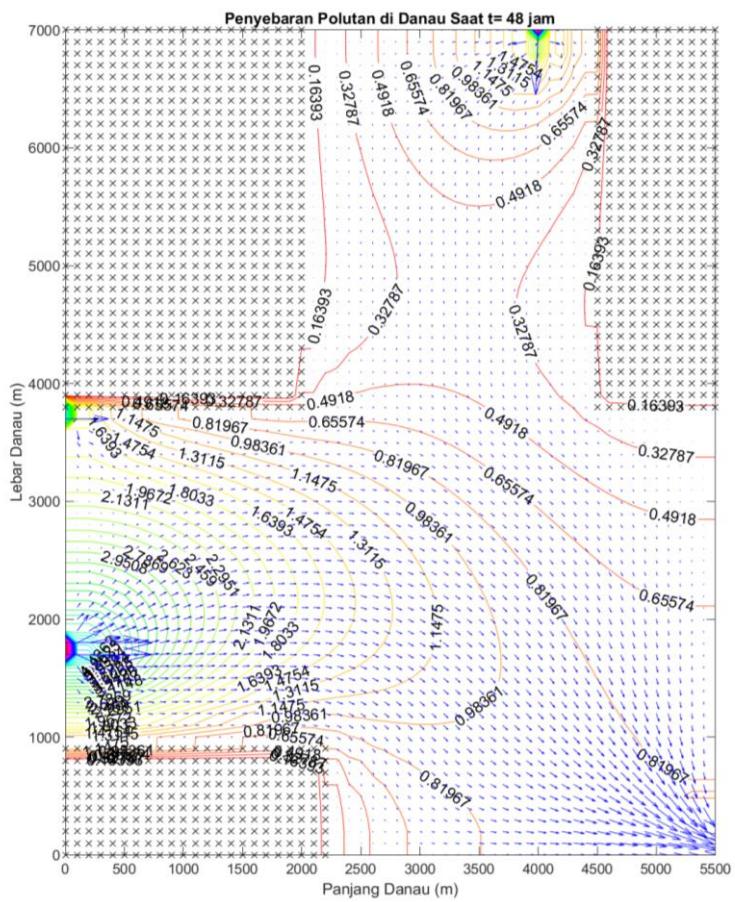
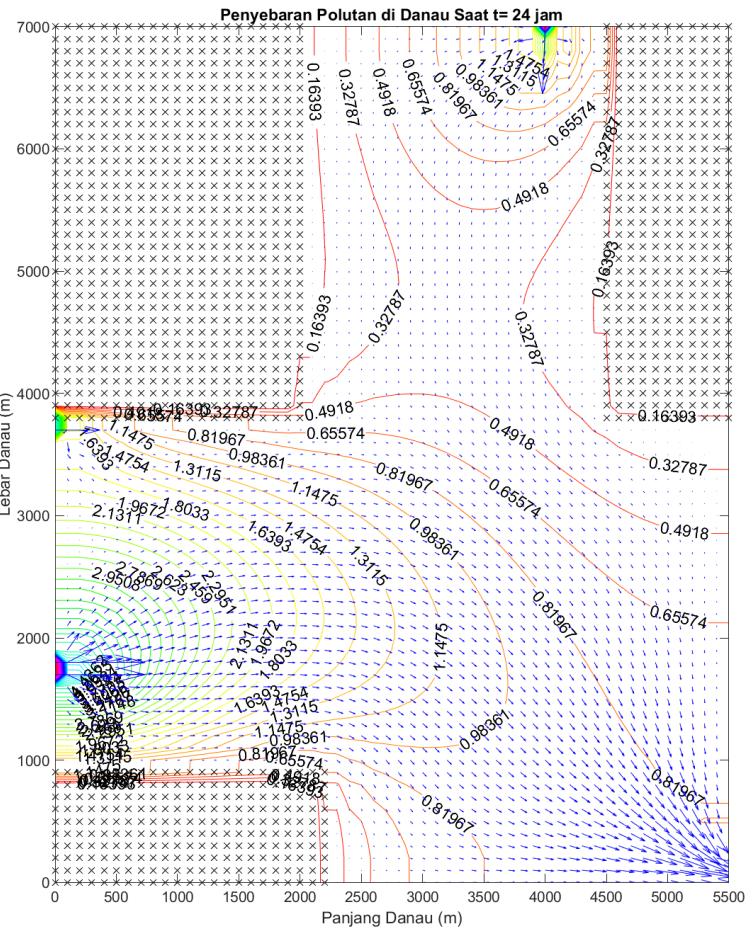
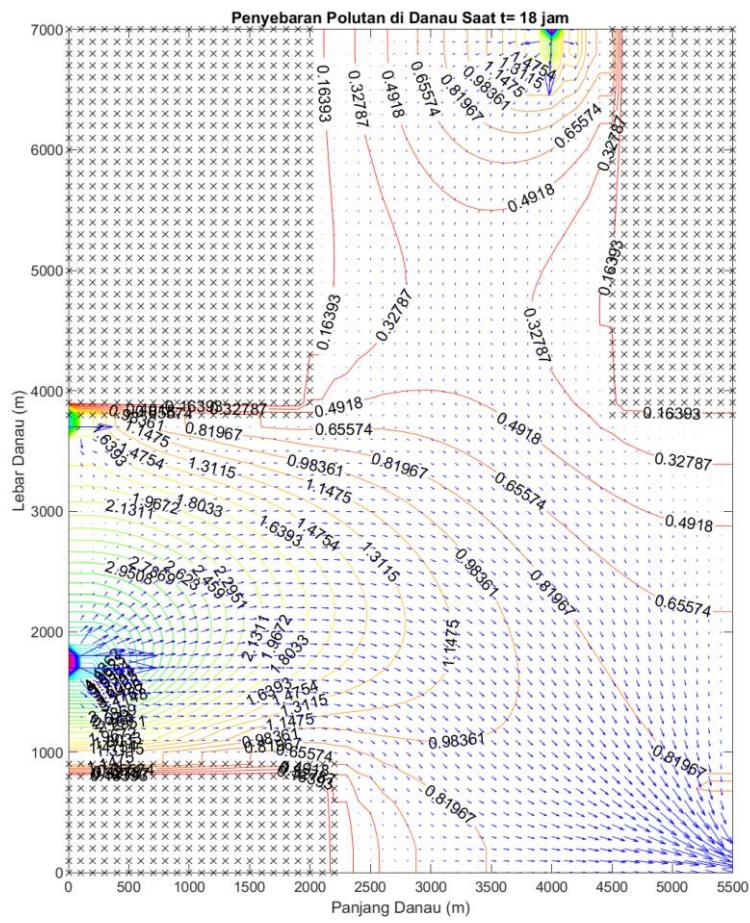
Saat $t=6$ jam, polutan sudah menyebar ke semua danau, konsentrasi teringgi berada di area yang berdekatan dengan inlet 1. Hal ini disebabkan karena inlet 1 memiliki kecepatan masuk yang paling besar yaitu 2 m/s dengan konsentrasi 10 ppm, sehingga akan mempengaruhi nilai adveksinya, selain itu diperkuat dengan adanya polutan dari inlet 2. Polutan juga sudah mulai keluar dari waduk melalui outlet dimana konsentrasi pada area tersebut sekitar 0.6-0.7 ppm.



Pada saat $t=12$ jam, konsentrasi di outlet mulai naik di angka 0.82 ppm. Untuk beberapa lokasi kecepatan aliran sangat kecil sehingga polutannya relative lebih kecil.

Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa kecepatan lebih dominan ke arah diagonal bawah karena air keluar menuju outlet. Sedangkan kecepataan dari atas (inlet 3) nilainya lebih rendah, hal ini disebabkan karena kecepatan awalnya kecil dengan jarak yang lebih jauh, sehingga waktu mendekati ke tengah kecepatannya berbelok arah menjadi diagolan ke arah outlet karena adanya pengaruh kecepatan dari kiri. Kecepatan dari kiri ke kanan lebih besar karena pada bagian danau tersebut, terdapat 2 inlet yang kecepatannya serah, sehingga resultannya menjadi lebih besar daripada kecepatan yang berasal dari inlet 3.

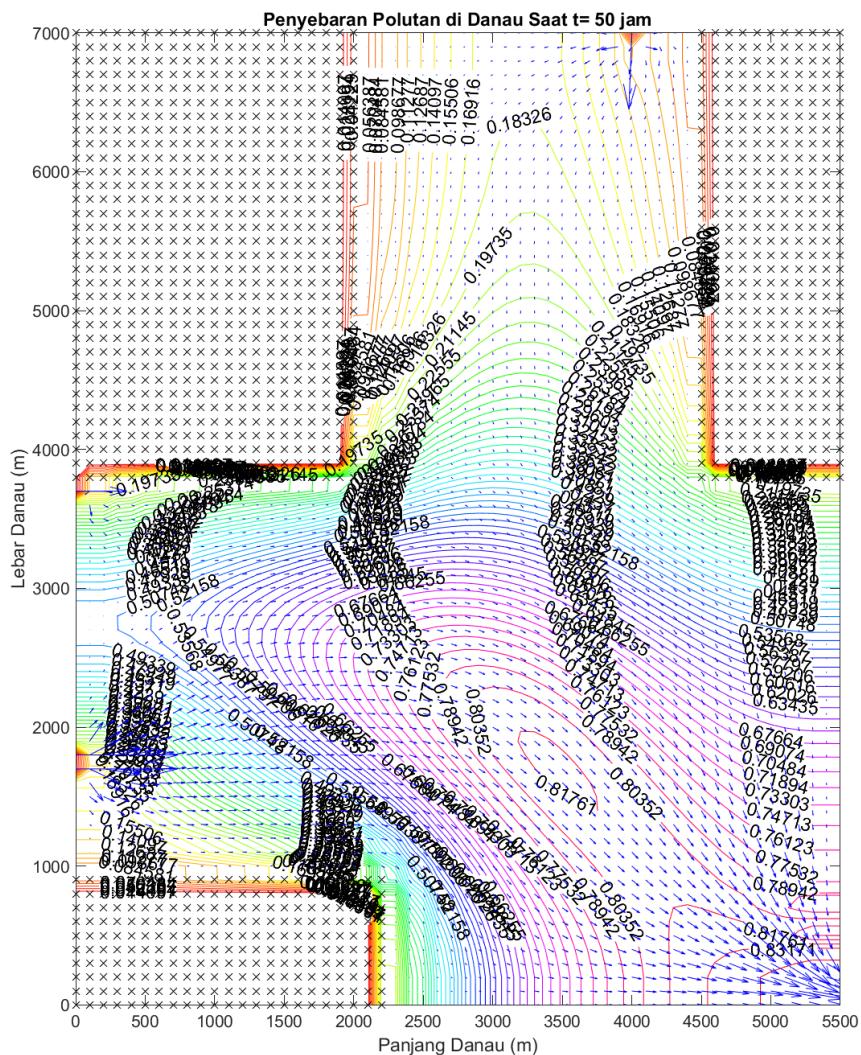
Kondisi saat $t=12$ jam merupakan kondisi steady dimana sudah tidak ada lagi perubahan konsentrasi yang signifikan pada simulasi waktu selanjutnya yaitu 18 jam, 24 jam dan 48 jam.



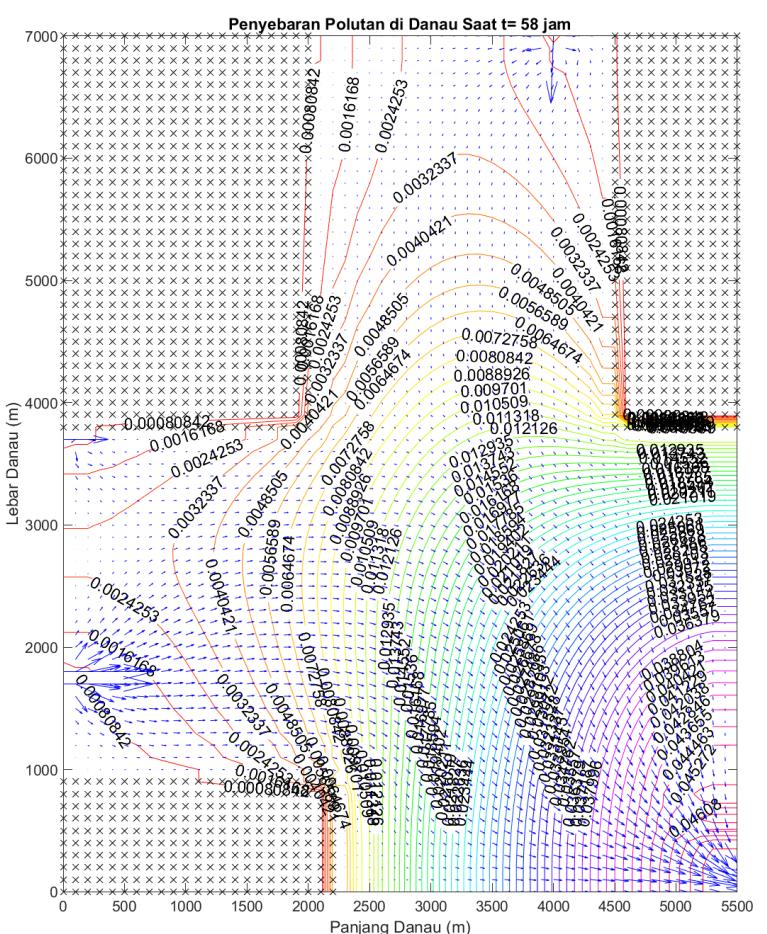
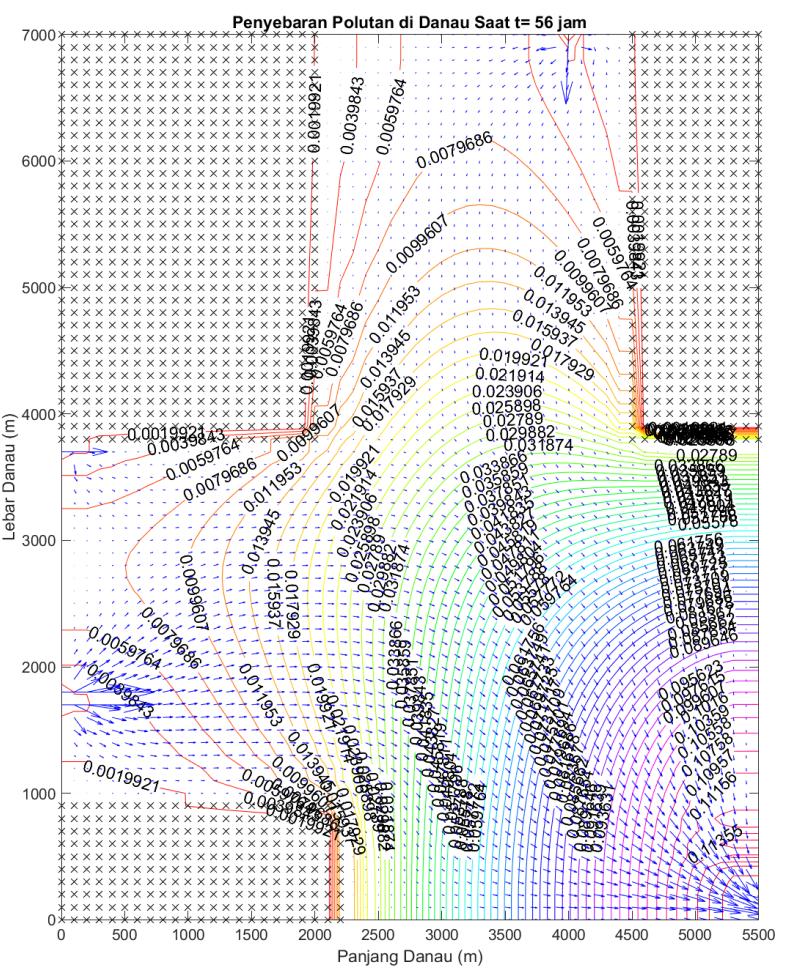
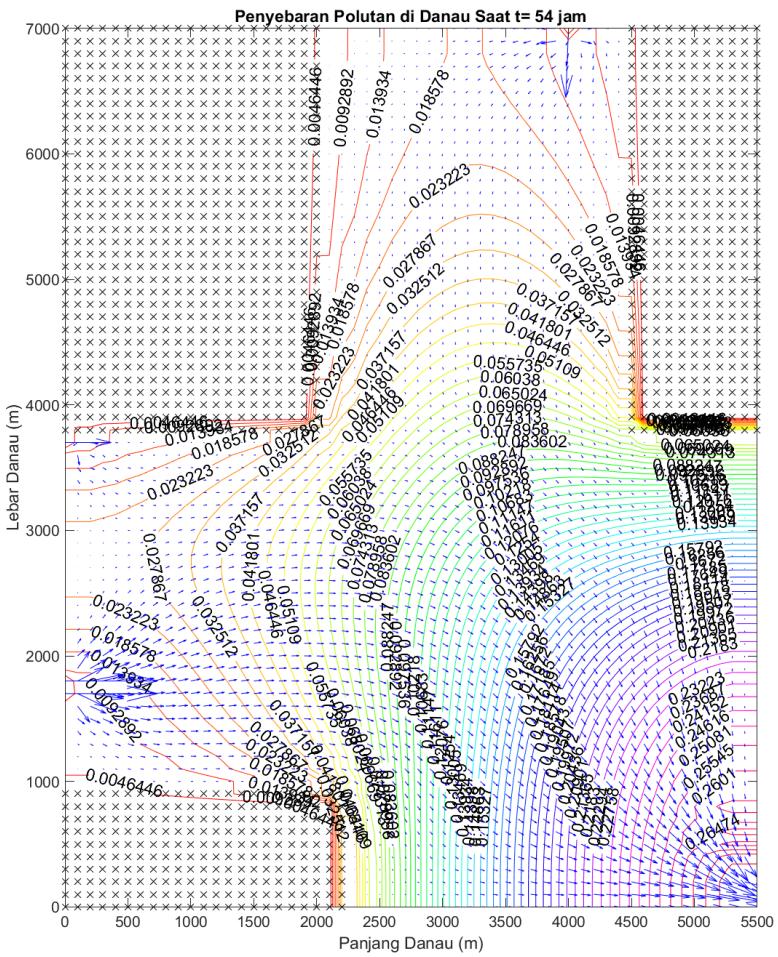
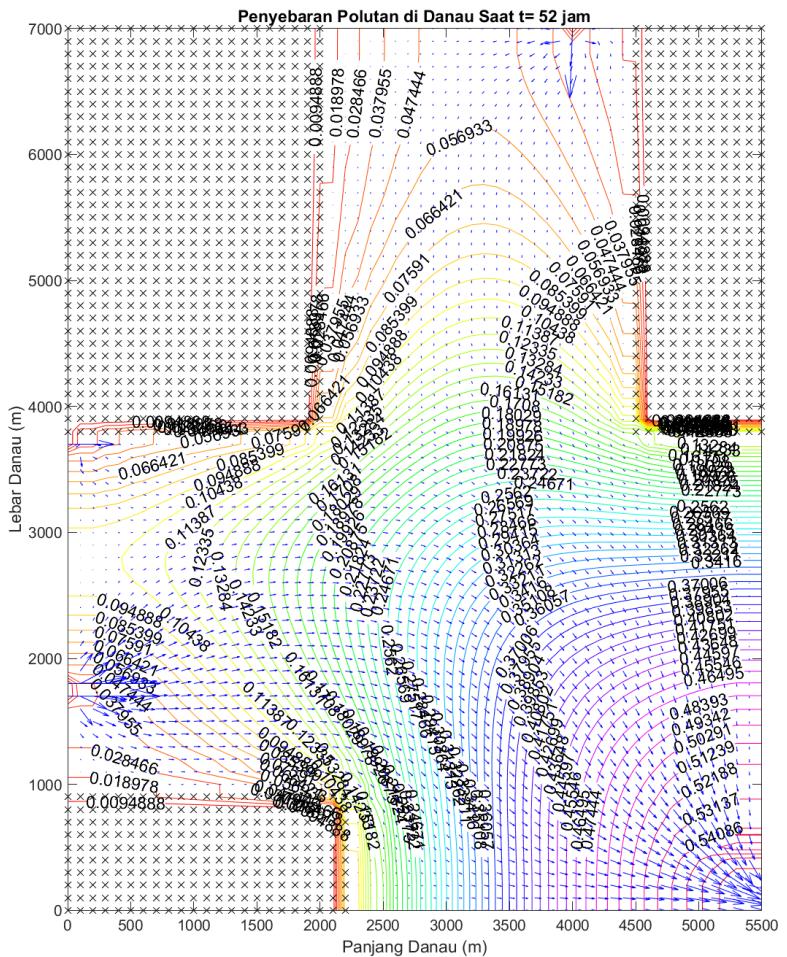
Dari ketiga gambar tersebut terlihat bahwa pola penyebaran polutan dan vector kecepatan sudah steady dan tidak ada perubahan. Sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah:

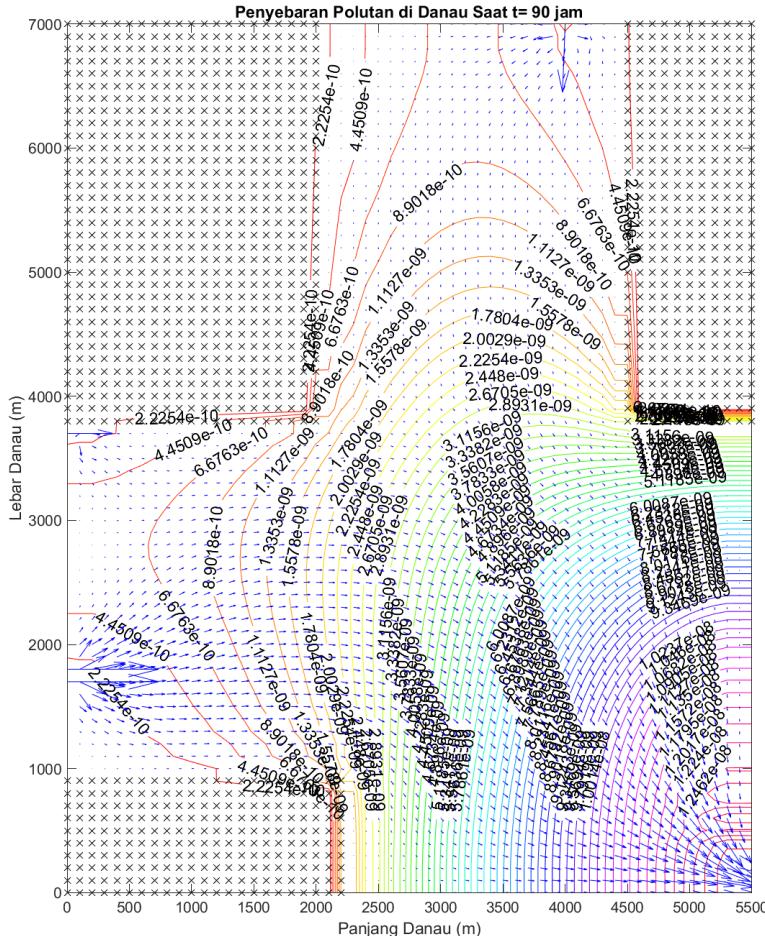
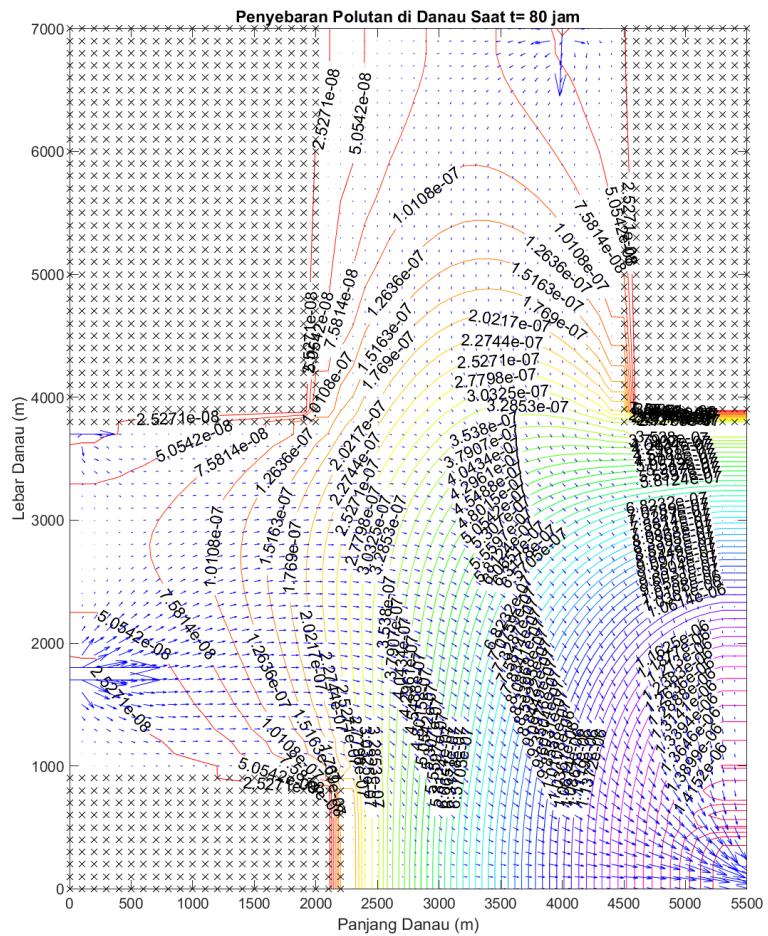
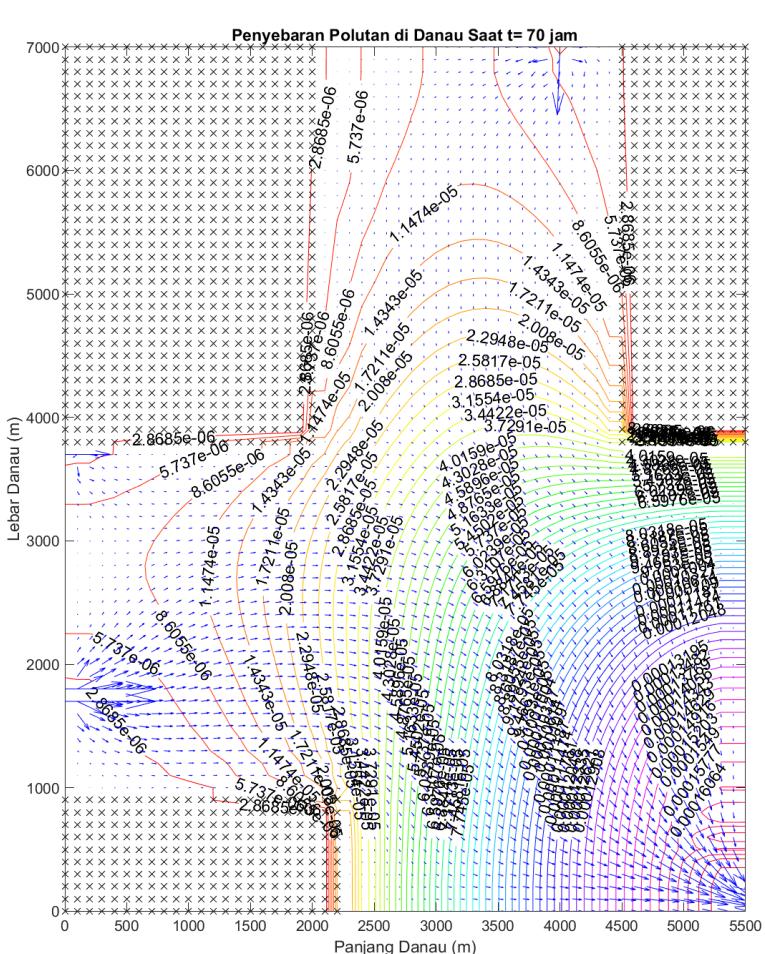
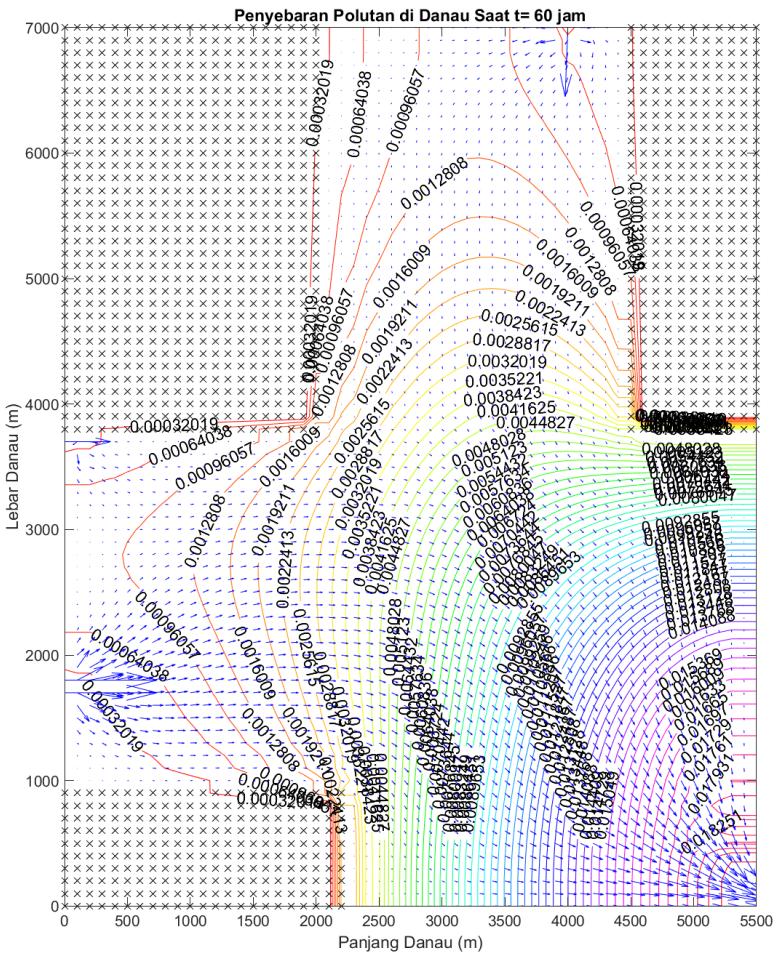
1. Kondisi steady atau asymptotic terjadi ketika $t>12$ jam.
2. Konsentrasi polutan di outlet (nilai tersbesar) adalah sebesar 0.82 ppm.
3. Konsentrasi terbesar perairan berada di antara inlet 1 dan inlet 2 dimana nilainya bekisar antara 2-3 ppm.
4. Kecepatan dominan dari arah kiri menuju ke kanan. Sedangkan kecepatan dari atas sangat kecil.

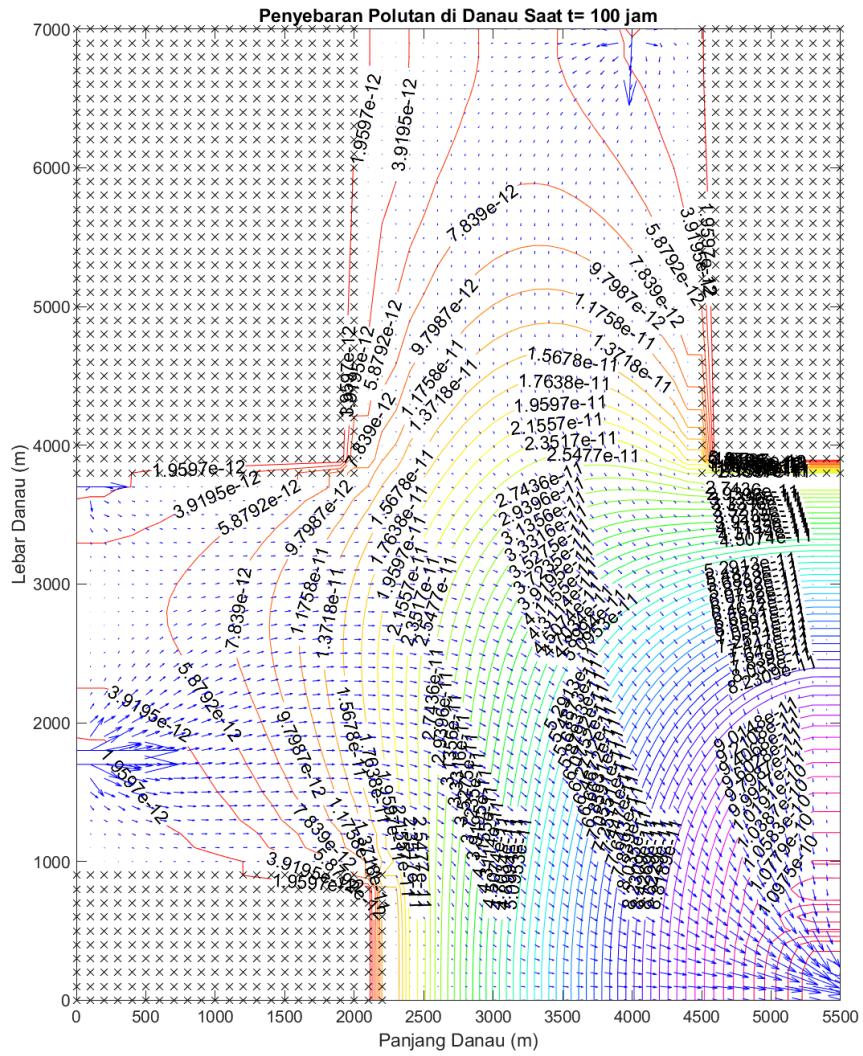
Simulasi selanjutnya dilakukan setelah 48 jam, aliran dari inlet tetap berjalan tetapi dengan konsentrasi 0. Kondisi ini sudah masuk dalam model program, dimana ketika $t>48$ jam, konsentrasi dari inlet akan 0. Simulasi dilakukan sampai $t= 100$ jam. Hasil setelah waktu 48 dapat dilihat pada gambar berikut.



Saat $t=50$ jam, 2 jam setelah spill inlet berhenti, kontur kualitas air sudah berubah pola. Terlihat bahwa konsentrasi tertinggi berada di outlet yaitu 0.83 ppm, sedangkan di tengah adalah sebesar 0.82 ppm. Konsentrasi di hulu danau mulai mengecil karena sudah tidak ada polutan yang masuk. Akibat adanya aliran yang masuk membawa 0 ppm, polutan yang berada di danau ternetralisir atau ter dorong keluar/terbuang menuju ke outlet. Kondisi dan pola penyebaran polutan ini akan terus berlangsung hingga akhir simulasi, diiringi dengan menurunnya konsentrasi di danau.







Simulasi diakhiri di $t=100$ jam karena konsentrasi sudah sangat kecil, di bagian hulu adalah 3×10^{-12} sedangkan di outlet adalah 1.09×10^{-10} . Kodisi tersebut sudah dianggap nol. Apabila diamatai dari waktu ke watu setelah spill dari inlet berhenti mengeluarkan polutan, saat $t=60$ jam sudah bisa dianggap bahwa polutan danau tersebut sudah bersih karena polutan tertinggi nya yaitu di sekitar outlet adalah sebesar 0.02 ppm. Menginat ppm adalah adalah part per million ($1/10^6$), tentunya nilai 0.02 sudah sangat kecil dan sudah bisa dianggap mendekati nol. Sehingga bisa dinyatakan bahwa danau kembali bersih saat $t>60$ jam.