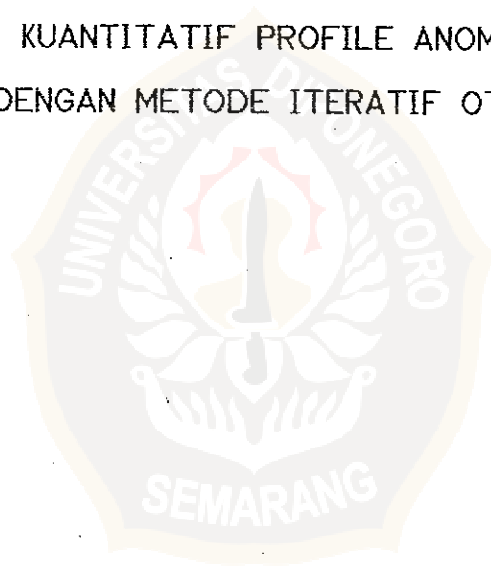


LAMPIRAN A

LISTING PROGRAM INTERPRETASI KUANTITATIF PROFILE ANOMALI SELF POTENSIAL DENGAN METODE ITERATIF OTOMATIS



```

uses crt;
type number=array[1..600] of real;
Var a,H,m,V,na,nab,nak,max,min,xmin,xmax,skalay,jeda,hasil,p,tan,sudut,alva,ralat:real;
    data,datax,datay,jum,ordi,absis:number;
    ml,b,c,i,j,k,n;banyak,sbx,sby,xpmax,xpmin,xp,awal,akhir:integer;
    tulis,bil :string[20];
    keys:char;
    pil,pila :byte;
    x5,x6,kali,kalix :real;
{$i read.inc}
{$i graf.pas}
{$i bola.inc}
{$i lemming.inc}
{$i lemgak.inc}
{$i silinder.inc}

```

```

procedure cetak;
begin
textbackground(8);textcolor(yellow);
gotoxy(11,4);write(' Silinder ');
gotoxy(11,5);write(' Lempeng Miring ');
gotoxy(11,6);write(' Bola ');
gotoxy(11,7);write(' Lempeng Tegak ');
gotoxy(11,8);write(' Keluar ke DOS ');
end;

```

```

procedure menu(var pil:byte);
begin
window(24,10,57,19);textbackground(8);textcolor(yellow);
write(' ');
write(' MENU UTAMA ');
write(' ');
write(' Silinder ');
write(' Lempeng Miring ');
write(' Bola ');
write(' Lempeng Tegak ');
write(' Keluar ke DOS ');
write(' ');
textbackground(green);
gotoxy(11,4);write(' Silinder ');
pil:=1;
repeat
keys:=readkey;
case keys of
#72 :begin
cetak;
if pil>1 then
begin
dec(pil);
case pil of
1 :begin
cetak;textbackground(green);
gotoxy(11,3+pil);
write(' Silinder ');
end;
2 :begin
cetak;textbackground(green);
gotoxy(11,3+pil);
write(' Lempeng Miring ');
end;
end;
end;

```

```

3      :begin
        cetak;textbackground(green);
        gotoxy(11,3+pil);
        write(' Bola ');
        end;
4      :begin
        cetak;textbackground(green);
        gotoxy(11,3+pil);
        write('Lempeng Tegak');
        end;
5      :begin
        cetak;textbackground(green);
        gotoxy(11,3+pil);
        write('Keluar ke DOS');
        end;
        end;
end
else
begin
    pil:=5;cetak;textbackground(green);
    gotoxy(11,pil+3);
    write('Keluar ke DOS');
end;
end;
#80 : begin
    cetak;
    if pil<5 then
    begin
        inc(pil);
        case pil of
        1 :begin
            cetak;textbackground(green);
            gotoxy(11,3+pil);
            write(' Silinder ');
            end;
        2 :begin
            cetak;textbackground(green);
            gotoxy(11,3+pil);
            write('Lempeng Miring');
            end;
        3 :begin
            cetak;textbackground(green);
            gotoxy(11,3+pil);
            write(' Bola ');
            end;
        4 :begin
            cetak;textbackground(green);
            gotoxy(11,3+pil);
            write('Lempeng Tegak');
            end;
        5 :begin
            cetak;textbackground(green);
            gotoxy(11,3+pil);
            write('Keluar ke DOS');
            end;
            end;
end
else
begin
    pil:=1;cetak;textbackground(green);
    gotoxy(11,pil+3);
    write(' Silinder ');
end;
end;

```

```

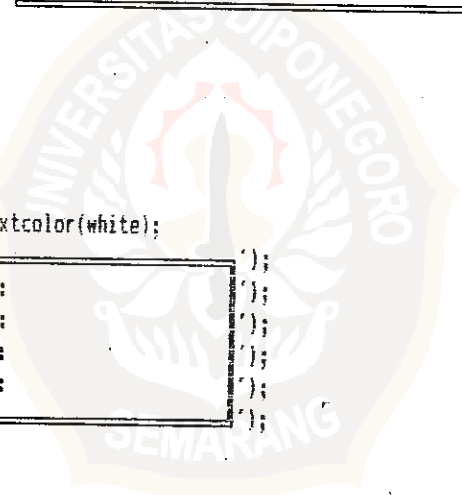
end;
end;

until keys=#13;
window(1,1,80,25);
end;

procedure tampil(var pil:byte);
begin
window(1,1,80,25);
textbackground(7);
textcolor(8);
for i:=1 to 285 do
begin
write(' ■■■ ');
end;
gotoxy(77,25); write(' ■ ');textbackground(blue);textcolor(white);
gotoxy(15,2);write(' ');
gotoxy(15,3);write(' ');
gotoxy(15,4);write(' ');
gotoxy(15,5);write(' ');
gotoxy(15,6);write(' ');
gotoxy(15,7);write(' ');
textbackground(red);
gotoxy(15,21);write(' ');
gotoxy(15,22);write(' ');
gotoxy(15,23);write(' ');
gotoxy(15,24);write(' ');
menu(pil);
end;

procedure khasil;
begin
window(42,6,77,12);
textbackground(6);textcolor(white);
writeln(' ');
writeln(' Sudut : ');
writeln(' a : ');
writeln(' h : ');
writeln(' M : ');
writeln(' ');
case pil of
1 :begin
gotoxy(15,2);writeln(alva:4:2);
gotoxy(15,3);writeln(' - ');
gotoxy(15,4);writeln(h:4:2);
gotoxy(15,5);writeln(-m:4:2);
end;
2 :begin
gotoxy(15,2);writeln(alva:4:2);
gotoxy(15,3);writeln(a:4:2);
gotoxy(15,4);writeln(h:4:2);
gotoxy(15,5);writeln(m:4:2);
end;
3 :begin
gotoxy(15,2);writeln(alva:4:2);
gotoxy(15,3);writeln(' - ');
gotoxy(15,4);writeln(h:4:2);
gotoxy(15,5);writeln(m:4:2);
end;
4 :begin
gotoxy(15,2);writeln(alva:4:2);gotoxy(21,2);writeln('Mia: ',a1);
gotoxy(15,3);writeln(' - ');gotoxy(21,3);writeln('iterasi');

```



```

        gotoxy(15,4);writeln(h:4:2);
        gotoxy(6,5);writeln('rumus:',m:4:2);
        gotoxy(21,4);writeln('A : ',x5:4:2);
        gotoxy(21,5);writeln('B : ',x6:4:2);
    end;

end;
readln
end;

procedure user(var absis,ordi:number;var banyak:integer);
var v
    :integer;
begin
    window(6,5,40,20);
    textcolor(red);textbackground(3);
    write(' Banyak Data : ');readln(banyak);writeln;
    textbackground(blue);
    window(6,6,38,22);v:=0;
    writeln(' ');
    writeln(' Distance(m) Volt(Vx) ');
    writeln(' ');
    for i:=1 to banyak do
        begin
            if i=12 then
                begin window(40,6,78,22);v:=i+2 ;end;
            write(' ');
            gotoxy(5,3+i-v);readln(absis[i]);
            gotoxy(23,3+i-v);readln(ordi[i]);
            end;
            writeln(' ===== Data Complete ===== '); readln;
        end;

    procedure cetak1;
    begin
        textbackground(red);textcolor(white);
        gotoxy(51,3);write(' File User ');
        end;

    procedure ide(var pila:byte);
    begin
        textbackground(0);clrscr;
        textbackground(8);textcolor(9);
        for i:=1 to 24 do
            for j:=1 to 79 do
                begin
                    gotoxy(j,i);writeln(' ');
                end; textbackground(4);
            for i:=2 to 4 do
                for j:=3 to 76 do
                    begin
                        gotoxy(j,i);write(' ');
                    end;
                textcolor(2);
                gotoxy(20,3); write(' << Proccesing Data >> ');
                textbackground(5);textcolor(yellow);
                case pil of
                    1 :begin gotoxy(5,3);write(' Silinder ');end;
                    2 :begin gotoxy(5,3);write(' Lempeng Miring ');end;
                    3 :begin gotoxy(5,3);write(' Bola ');end;
                    4 :begin gotoxy(5,3);write(' Lempeng Tegak ');end;
                end;
                window(3,5,77,23);textbackground(3);clrscr;window(1,1,80,25);
                textcolor(white);textbackground(red);
                gotoxy(48,2); write(' ===== Source Data ===== ');

```

```

gotoxy(48,3); write(' File User ');
gotoxy(48,4); write(' ');
gotoxy(51,3);textbackground(blue);write(' File ');
pila:=1;
repeat
keys:=readkey;
case keys of
#75 : begin
        cetak1;
        dec(pila);textbackground(blue);
        if pila=1 then
            begin
                gotoxy(51,3);write(' File ');
            end
        else
            begin
                pila:=2;cetak1;textbackground(blue);
                gotoxy(66,3);write(' User ');
            end;
        end;

#77 : begin
        cetak1;textbackground(blue);
        inc(pila);
        if pila=2 then
            begin
                gotoxy(66,3);write(' User ');
            end
        else
            begin
                pila:=1; cetak1;textbackground(blue);
                gotoxy(51,3);write(' File ');
            end;
        end;
    end;
until keys=#13;
window(3,5,77,23);
end;

```

```

procedure interpolasi(var hasil:real);
var kali:real;
Begin
    hasil:=0;
    for i:=awal to akhir do
        begin
            kali:=1;
            for j:=awal to akhir do if i<>j then
                kali:=(((P-dataX[j])/(dataX[i]-dataX[j]))*kali);
            hasil:=hasil+(kali*datay[i]);
        end;
    end;
end;

```

```

procedure data_data(var jum:number;
                    var max,xmax,min,xmin,jeda:real;
                    var xpmax,xpmin,n:integer);

```

```

Begin
{*** membaca dari file ***}
    clrscr;read_data_file;writeln(' This your datas :');
    for i:=1 to n do
        writeln(' x[' ,i, ']: ',datax[i]:5:5, ' y[' ,i, ']: ',datay[i]:5:5);
        textcolor(white);writeln(' Press any key to continue...');
    keys:=readkey;

```

```

end;

procedure maxmin(var jum:number;
                 var max,xmax,min,xmin,jeda:real);
begin
textbackground(3);
window(30,15,76,22);textbackground(lightgray);textcolor(blue);
  writeln('          Penghitungan Data          ');
  writelo('          ');
  writeln('          ');
  writeln('          ');
  writeln('          ');
  writeln('          ');
  writeln('          ');

{*** mencari data terkecil dan terbesar ***}
window(37,16,71,19);
writeln;writeln;textcolor(red+blink);
  writeln('Wait,I am doing count data !');
na:=dataX[1]; nak:=dataX[1];
for i:= 2 to n do
begin
  if dataX[i]>nak then nak:=dataX[i];
  if dataX[i]<na then na:=dataX[i];
end;
awal:=1; akhir:=3; P:=na-jeda; jeda:=(nak-na)/600; b:=0;
repeat
  c:=0;
  repeat
    inc(c,1);inc(b,1);jum[b]:=0;P:=P+jeda;
    interpolasi(hasil);jum[b]:=hasil;
    if b=1 then
      begin
        min:=jum[1]; max:=jum[1]; Xmax:=p; Xmin:=p;
        xpmax:=b; xpmin:=b;
      end;
    if jum[b]>max then
      begin
        max:=jum[b]; Xmax:=p; Xpmax:=b;
      end;
    if jum[b]<min then
      begin
        min:=jum[b]; Xmin:=p; xpmin:=b;
      end;
  gotoxy(2,2);
  textcolor(red);
  until (c)=round((dataX[akhir]-dataX[awal])/jeda) or (b)=600;
  awal:=akhir; inc(akhir,2);
until (akhir>n) or (b)=600);

{**** tampilkan maximum & minimum ****}
gotoxy(2,1);
writeln('Ok, this is my sums :');
writeln('V max : ',max:5:2,' V min : ',min:5:2);
writeln('X max : ',xmax:5:2,' X min : ',xmin:5:2);
end;

procedure distribusi;
begin
case pila of
2 :begin
  user(dataX,dataY,n);

```

```

        maxmin(jum,max,xmax,min,xmin,jeda);
    end;
1 :begin
    data_data(jum,max,xmax,min,xmin,jeda,xpmax,xpmin,n);
    maxmin(jum,max,xmax,min,xmin,jeda);
end;
end;
end;

{#####}
{##### main program #####}
Begin
repeat
clrscr;textbackground(0);
tampil(pil);
case pil of
1 :begin
    ide(pila);distribusi;silinder(hasil,alva,h,m);khasil;readln;
    grafik;
    end;
2 :begin
    ide(pila);distribusi;lemming(alva,a,m);khasil;readln;
    grafik;
    end;
3 :begin
    ide(pila);distribusi;bola(alva,h,m);khasil;readln;
    grafik;
    end;
4 :begin
    ide(pila);distribusi;lempak(alva,h,m,x5,x6,m1);khasil;readln;
    grafik;
    end;
end;
until pil=5;
textbackground(0);textcolor(14);
clrscr;
end.

```



```

program utility_data;
uses crt;
type rec_data = record distance:real;
                    voltase :real;end;
var file_data: file of rec_data;
    data_data: rec_data;
    filename,newname : string[40];
    i,much : integer;
    option : byte;
    keys : char;
{$I makefile.inc}
{$I editing.inc}

procedure hapus;
begin
    gotoxy(wherex-1,wherey);textcolor(7);write(' ');textcolor(140);
end;

Procedure menu_file;
var keys: char;
begin
    textbackground(1);clrscr;
    textbackground(5);textcolor(14);
    writeln(' If you sure that choise is correct please strike ENTER to continue, ok! ');
    gotoxy(1,22);
    write('          UTILITY FILE FOR INTERPRESTATION PROGRAM ');
    write('          MIPA - UNIVERSITY DIPONEGORO ');

    window(27,8,52,16);textbackground(7);clrscr;textcolor(0);
    gotoxy(2,2);write(' * menu file * ');
    gotoxy(2,3);write(' ');
    gotoxy(2,4);write(' ( ) make new file ');
    gotoxy(2,5);write(' ( ) delete file ');
    gotoxy(2,6);write(' ( ) rename a file ');
    gotoxy(2,7);write(' ( ) edit data file ');
    gotoxy(2,8);write(' ( ) exit....bye! ');
    gotoxy(2,9);write(' ');
    gotoxy(5,4);textcolor(140);write('I');option:=1;
repeat
    keys:=readkey;
    case keys of
    #80: begin
        hapus;
        if wherey+1>=9 then
            begin
                gotoxy(5,4);option:=1;
            end else
            begin
                gotoxy(wherex-1,wherey+1);option:=option+1;
            end;
        write('I');
    end;
    #72: begin
        hapus;
        if wherey-1<=3 then
            begin
                gotoxy(5,8);option:=5;
            end else
            begin
                gotoxy(wherex-1,wherey-1);option:=option-1;

```



```

        procedure editing;
    procedure show_data;
    begin
        gotoxy(1,5);write(' ');
        gotoxy(2,5);write(i+1);
        read(file_data,data_data);
        with data_data do
            begin
                gotoxy(9,5);write(distance:5:5);
                gotoxy(28,5);write(voltase:5:5);
            end;
        end;
    end;

    procedure edit;
    begin
        gotoxy(8,5);writeln(' ');
        with data_data do
            begin
                gotoxy(9,5);read(distance);
                gotoxy(28,5);read(voltase);
            end;
        write(file_data,data_data);
    end;

    procedure hapusdata;
    var temp_file:file of rec_data;
        temp_data:rec_data;
        j: integer;
    begin
        assign(temp_file,'temp.dta');rewrite(temp_file);
        seek(file_data,i+1);
        for j:=i+1 to much-1 do
            begin
                read(file_data,data_data);
                write(temp_file,data_data);
            end;
        seek(temp_file,0);seek(file_data,i);truncate(file_data);
        for j:=0 to filesize(temp_file)-1 do
            begin
                read(temp_file,data_data);
                write(file_data,data_data);
            end;
        close(temp_file);erase(temp_file);
    end;

begin
    textbackground(7);clrscr;
    textbackground(9);textcolor(14);
    gotoxy(1,23);
    writeln('===== * keys * =====');
    writeln('          [A] : Add data   [C] : change/edit data [D] : Delete data ');
    writeln('          [V],chr(24),chr(25),' : view data ');
    i:=0; gotoxy(1,1);textbackground(7);textcolor(0);writeln('EDITING FILE DATA SERVICE');
    assign(file_data,filename);reset(file_data);
    writeln(' ');
    writeln(' ');
    writeln(' ');
    writeln(' ');
    writeln(' ');
    much:=filesize(file_data);writeln(' Strike ENTER key to exit and countinue....');
    show_data;
    repeat
        keys:=readkey;

```

```
case keys of
#80 : begin
    inc(i,1);if i>much-1 then i:=0;
    end;
#72 : begin
    dec(i,1);if i<0 then i:=much-1;
    end;
'c','C' : begin
    seek(file_data,i);edit;
    end;
'a','A' : begin
    seek(file_data,much);inc(much,1);gotoxy(2,5);write(much);edit;
    end;
'd','D' : begin
    hapusdata;dec(much,1);dec(i,1);
    if i<0 then i:=much-1;
    end;
end;
seek(file_data,i);
show_data;
until keys=#13;
close(file_data);
end;
```



```

procedure make_file:
begin
  textbackground(7);textcolor(1);
  clrscr;;writeln('MAKE FILE DATA SERVICE');
  write(' Quantity of data:');read(much);
  assign(file_data,filename);rewrite(file_data);
  writeln('');
  writeln('
  No      Distance      Voltase
  ');
  writeln('
  ');
  for i:=1 to much do
  begin
    writeln('
    |
    ');
    gotoxy(2,5+i);write(i);
    with data_data do
    begin
      gotoxy(9,5+i);read(distance);
      gotoxy(28,5+i);read(voltase);
    end;
    write(file_data,data_data);
  end;
  close(file_data);
  writeln('
  ');
  write('Strike END key to countinue.. ok!');
  repeat
    keys:=readkey;
  until keys=#79;
end;

```



```

    procedure read_data_file;
    type rec_data =record distance:real;
                        voltase :real;end;
    var file_data: file of rec_data;
        data_file: rec_data;
        filename : string[20];

    begin
        n:=0;textbackground(11);
        textcolor(0);filename:='';
        clrscr;write('  Name of file :');read(filename);
        assign(file_data,filename);reset(file_data);
        for i:=0 to filesize(file_data)-1 do
            begin
                read(file_data,data_file);
                with data_file do
                    begin
                        dataX[i+1]:=distance; datay[i+1]:=voltase;
                    end;
                    inc(n,1)
                end;
            close(file_data);
        End;
    
```



```

    procedure lemming(var alva,ah,m:real);
label
sudah,pergi,selesai,keluar,ya;
var
A,B,C,D,E,F,G,L,AA,sec:real;

function arcsin( X:real) :real;
begin
    arcsin:=arctan(X/sqrt(1-sqr(X)));
end;

begin
writeln('Wait...');
    alva:=arcsin(abs((abs(max/min)-1)/(abs(max/min)+1)));

ya:
    ah:=0;h:=0;
(##### Mencari A #####)
    tan:=sin(alva)/cos(alva);
    sec:=1/cos(alva);
    AA:=0;

repeat
    A:=tan+AA*cos(alva);
    B:=sqrt((sqr(AA)+sqr(sec)));
    C:=tan-AA*cos(alva);
    G:=1-(C/B);
    L:=1-(A/B);
    D:=1+(A/B);
    E:=1+(C/B);
    F:=(D/E)*(G/L);
    AA:=AA+0.01;
    if abs(abs(min/max)-F)<1 then goto sudah;
until aa>10;

    textcolor(red);
    writeln(' TIDAK ADA NILAI COCOK !!... ');halt;
    goto selesai;

sudah:  h :=(abs(xmax-xmin))/(2*sqrt((sqr(AA)+sqr(sec))));
        ah :=AA*h;
        A:=max+min;
        B:=sqr(h-ah*sin(alva));
        C:=sqr(h+ah*sin(alva));
        m:=A/(ln(B/C));

selesai:
p:=na-jeda; i:=0; hasil:=0;
repeat
    inc(i,1);p:=p+jeda;
until abs(jum[i])<1;
hasil:=p;

p:=na-hasil+h*tan-jeda;
for i:=1 to 600 do
begin
    p:=p+jeda;
    data[i]:=m*ln((sqr(p+ah*cos(alva))+sqr(h-ah*sin(alva)))/
        (sqr(p-ah*cos(alva))+sqr(h+ah*sin(alva))));
end;
alva:=alva*180/pi;
writeln('Strike ENTER key, Ok...');
end;

```

```

    procedure silinder( var hasil,alva,haz,m:real);
    label keluar;
    var ralat :real;
    begin
        writeln ('Wait..');
        alva:=91;
        ralat:=1;
        repeat
            begin
                alva:=alva-ralat;
                sudut:=alva/180*pi;
                if abs(sin(sudut)-abs((abs(max/min)-1)/(abs(max/min)+1)))>0 then
                    begin
                        ralat:=0.1;
                        if abs(sin(sudut)-abs((abs(max/min)-1)/(abs(max/min)+1)))<0.01 then
                            goto keluar;
                    end;
                end;
            until alva<0;
        keluar: textcolor(black);
        sudut:=alva/180*pi;
        haz:=(abs(xmax-xmin)/2)*cos(sudut);
        m:=((max+min)*haz)/sin(sudut);

        {*** mencari titik potong dengan sumbu x ***}
        if max*min<0 then
            begin
                i:=0;p:=na-jeda;
                repeat
                    inc(i,1);p:=p+jeda;
                until abs(jua[i])<0.1;
                hasil:=p;
            end else hasil:=0;

        {*** merubah nilai awal ***}
        tan:=sin(sudut)/cos(sudut);
        nab:=na-(hasil+haz*tan);
        p:=nab-jeda;

        {*** memasukkan data ***}
        for i:=1 to 600 do
            begin
                p:=p+jeda;
                data[i]:=(p*cos(sudut)+haz*sin(sudut))/(sqr(p)+sqr(haz))*m;
            end;
        writeln('Strike ENTER key, Ok..');
        window(1,1,80,25);
        a:=0;
    end;

```

```

procedure lemgak(var teta,haz,cm,x1,x2:real;var ni:integer);
label
keluar,sudah;
var
hazx,A,C,D,XS,YX,XY :real;
i,j                    :integer;
x,y                    :byte;

begin
writeln(' Wait...');
(* Penggeseran sejauh xmin (xmin dianggap titik x=0)*)

    XY:=0;YX:=0;
    D:=min/2; A:=(3*min)/4;
    textcolor(yellow);
    for i:=1 to round(n/2) do
    begin
        kali:=1;kalix:=1;
        for j:= 1 to round(n/2) do
        begin
            if i<>j then
            begin
                if datay[i]=datay[j] then goto sudah;
                kali:=((D-datay[j])/(datay[i]-datay[j]))*kali;
                kalix:=((A-datay[j])/(datay[i]-datay[j]))*kalix;
            end;
            sudah:=end;
            YX:=YX+kali*(datay[i]-xmin);
            XY:=XY+kalix*(datay[i]-xmin);
        end;
    end;

    teta:=YX/XY;
    X1 :=-(YX*(sqr(teta)-1));
    X2 :=-(YX*(sqr(sqr(teta)-1)-4));

    haz:=(X1-X2)/2;
    hazx:=(X1+X2)/2;
    ni:=50;
    repeat
    begin
        for j:=1 to n do
        begin
            A:=sqr((datay[j]-xmin)+sqr(haz));
            D:=sqr((datay[j]-xmin)+sqr(hazx));
            C:=A/D;
            if abs(datay[j]-(ni*ln(C)))<=0.1 then goto keluar;
        end;
        ni:=ni+1;
    end;
    until i=1000;

    keluar:
        Cm:=(min)/(ln(sqr(haz)/sqr(hazx)));
        nab:=na-xmin;
        p:=nab-jeda;
        for i:=1 to 500 do
        begin
            p:=p+jeda;
            data[i]:=cm*ln((sqr(p)+sqr(haz))/(sqr(p)+sqr(hazx)));
        end;
        hasil:=0;writeln(' Strike ENTER key, Ok...');
    end;

```

```

procedure bobot(var alva,haz,a:real);
label
keluar,pergi;
var
sudut,data,max,tan,xdata,j,k,A,B,C,D,E,F,G,H :real;
begin
  writeln('Wait..');
  alva:=91;
  ralat:=1;
  repeat
    begin
      textcolor(yellow);
      alva:=alva-ralat;
      if alva=90 then alva:=89.9;
      sudut:=alva/180;
      tan:=sin(sudut*pi)/cos(sudut*pi);
      A :=sqrt(sqr(tan)+8/9);
      B :=sqr(tan+A);
      C :=3*cos(sudut*pi)*A+sin(sudut*pi);
      D :=3*cos(sudut*pi)*A-sin(sudut*pi);
      E :=sqr(tan-A);
      F :=abs(C/D)*abs(((9*B)/16)+1)/(((9*E)/16)+1);

      if abs(min/max)-F>0 then
        begin
          ralat:=0.01;
          if abs(min/max)-F<0.5 then goto keluar;
        end;
    end;
  until alva<=-90;

  keluar:
  sudut:=alva/180*pi;
  tan:=sin(sudut)/cos(sudut);
  G:=2*sqrt((9*sqrt(tan))/16+0.5);
  haz:=abs(xmax-xmin)/G;
  {**** Mencari M dengan rumus ****}
  A:=(max+min)*sqrt(haz);
  B:=sqrt((sqr(sin(sudut))/16)+0.45);
  C:=sqrt(((sqr(sin(sudut))*9)/16)+0.45);
  D:=sqr(tan)*9/8;
  E:=3/2*tan*C;
  F:=-1/4*sin(sudut)+B;
  G:=1/4*sin(sudut)+B;
  M:=A/(((F/exp(1.5*ln(D+E+1.5)))-(G/exp(1.5*ln(D-E+1.5)))));

  {**** menentukan titik potong sumbu x ****}
  p:=na-jeda;i:=0;
  repeat
    p:=p+jeda;inc(i,1);
  until abs(jum[i])<0.5;
  hasil:=p;

  {**** mendapatkan data dari rumus ****}
  p:=na-hasil+haz*tan-jeda;

  for i:=1 to 600 do
  begin
    p:=p+jeda;
    data[i]:=M*(p*cos(sudut)-haz*sin(sudut))/
      exp(1.5*ln(sqr(p)+sqr(haz)));
  end;
  a:=0;
  writeln('Strike ENTER key,Ok..');
end;

```

```

procedure grafik;

procedure inisial;
var modegraf,drivergraf,kesalahan:integer;
Begin
  kesalahan:=graphresult;
  modegraf:=Detect; drivergraf:=detect;
  initgraph(drivergraf,modegraf,'d:\tp6\legavga.bgi');
  if kesalahan<> 0 then
  begin
    writeln('kode kesalahan :',kesalahan);
  end;
End;

procedure gambar_grafik(jum:number);
Begin
  for i:=1 to 600 do
  begin
    lineto(i,sbx-round(jum[i]*skalaY));delay(5);
  end;
End;

{#####}
{##### main procedure grafik #####}
Begin
  sudut:=pi*alva/180; tan:=sin(sudut)/cos(sudut);

{#### menentukan letak sumbu y & titik awal ####}
  if hasil=0 then sby:=Xpmin else
  if xain<hasil then sby:=round((hasil-h*tan-na)/jeda)
  else sby:=round((hasil+h*tan-na)/jeda);

{## media gambar ##}
  if max=min then skalay:=0 else skalaY:=400/abs(max-min);
  inisial;
  setfillstyle(9,11);bar(0,0,640,490);
  setfillstyle(1,7);bar(0,0,604,404);
  setcolor(1);rectangle(1,1,604,404);
  setfillstyle(1,9);bar(1,405,638,478);
  setcolor(14);rectangle(4,407,635,475);rectangle(0,0,605,405);
  setviewport(1,1,604,404,clipon);
  setbkcolor(3);

{### menggambar sumbu x ###}
  setcolor(1);
  sbx:=round(max*skalaY)+1;
  Moveto(1,sbx);line(1,sbx,604,sbx);outtextxy(590,sbx+10,'X');

{##### menggambar titik #####}
  settxtstyle(2,0,4);settextjustify(1,1);
  for i:=1 to n do outtextxy(round((datax[i]-na)*600/(nak-na)),
    400-round((datay[i]-min)*400/(max-min)),'i');

{### proses penggambaran grafik ###}
  setcolor(14);
  moveto(1,sbx-round(jum[1]*skalaY));
  gambar_grafik(jum);

{##### menggambar sumbu y #####}
  settxtstyle(0,0,1);settextjustify(0,2);
  setcolor(1);
  outtextxy(sby-15,2,'Y'); outtextxy(5+sbx,5+sbx,'0');

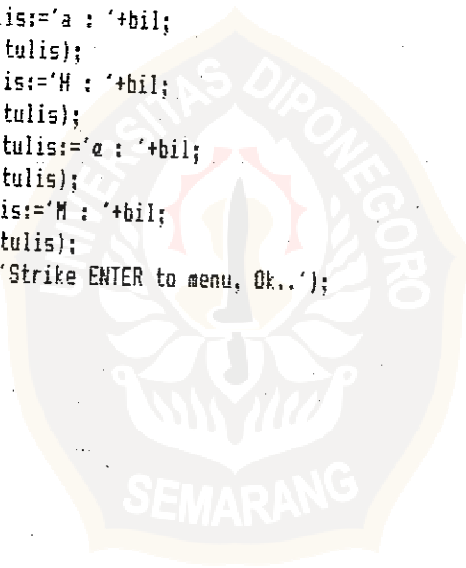
```

```
- moveto(sby,1); line(sby,1,sby,404);

(**** proses penggambaran grafik ****)
setcolor(12);
moveto(1,sbx-round(jum[i]*skalaY));
gambar_grafik(data);
```

```
(**** tampilan informasi grafik ****)
settextstyle(20,0,2);setcolor(2);
outtextxy(sby,sbx-round(max*skalaY),'- max');
outtextxy(sby,sbx-round(min*skalaY)-5,'- min');
outtextxy(Xpmax,sbx-5,'|');
outtextxy(Xpmin,sbx-5,'|');
```

```
(**** tampilan informasi data ****)
setviewport(1,1,604,404,clipoff);setcolor(7);
str(max:5:2,bil);tulis='V maximum : '+bil;
outtextxy(10,420,tulis);
str(min:5:2,bil);tulis='V minimum : '+bil;
outtextxy(10,440,tulis);
str(a:5:2,bil);tulis='a : '+bil;
outtextxy(270,420,tulis);
str(H:5:2,bil);tulis='H : '+bil;
outtextxy(270,440,tulis);
str(alva:5:2,bil);tulis='a : '+bil;
outtextxy(450,420,tulis);
str(m:5:2,bil);tulis='M : '+bil;
outtextxy(450,440,tulis);
outtextxy(200,460,'Strike ENTER to menu, Ok..');
readln;
closegraph;
end;
```



LAMPIRAN B

POTENSIAL ALAM

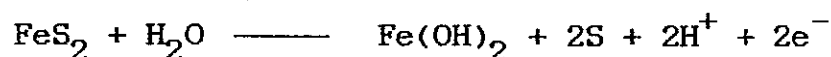


LAMPIRAN B
POTENSIAL ALAM

Potensial diri adalah potensial spontan yang ada dipermukaan bumi yang disebabkan oleh adanya proses elektrokimia dan proses mekanis dibawah permukaan (*subsurface*) yang dicontrol oleh adanya air tanah. Proses mekanis akan menimbulkan potensial elektrokinetik atau biasa disebut *potensial streaming*, sedangkan proses kimia akan menimbulkan *potensial liquid junction*, *potensial Nerst* dan potensial mineralisasi. *Sato dan Mooney* (1960) menerangkan mekanisme potensial mineralisasi yaitu bagaimana aliran aliran ion dan elektroda mengalir disekitar sulphite, serta didalamnya. Diambil contoh misalnya mineral tersebut berupa *pyrite* (FeS_2) yang tertanam dalam tanah, maka akan timbul reaksi :

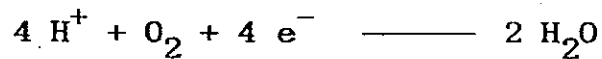
" Pada tubuh mineral terjadi dua buah reaksi elektrokimia yang membentuk senyawa setengah sel (*half cell*) yang berlawanan kutub. Sel yang satu bersifat *cathodic* diatas water table dan yang lain bersifat *anodic* dibawah water table.

Pada bagian sulfide yang bersifat *anodic* atau terbenam dalam water table terjadi reaksi :



oleh karena jumlah H_2O berlebih maka Fe(OH)_2 yang terjadi masih akan bereaksi lagi menjadi :

Bila reaksi ini berlangsung terus menerus maka disekitar sulfide akan banyak terdapat ion - ion H^+ . Hal ini mengakibatkan terjadinya aliran ion negatif ke bawah (ion ion OH^- dari air tanah tertarik oleh ion H^+ membentuk H_2O), sehingga sulfide yang berada dalam air tanah akan terinduksi menjadi bermuatan negatif. Kalau jumlah ion - ion H^+ yang terbentuk sudah banyak, akan mencapai daerah diatas air tanah dan tertarik oleh O_2 membentuk H_2O dan reaksinya adalah :



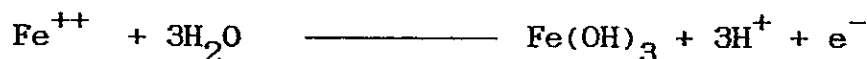
dimana e^- diambil dari sulfide yang berada disitu (FeS_2). Hal ini mengakibatkan adanya aliran ion positif dari bawah keatas dan aliran ion negatif (elektron) didalam sulfide juga dari bawah keatas. H_2O yang terjadi diatas *water table* akan beraksi dengan sulfide yang berada diatas *water table* yang bersifat *cathodik* dimana terjadi reaksi reduksi dari mineral ke larutan sehingga mereka mengambil elektron.

Reaksinya adalah sebagai berikut :



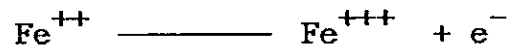
Oleh karena jumlah H_2O tak berlebihan, maka tidak terbentuk $Fe(OH)_3$.

Kalau jumlah Fe^{++} yang terjadi itu banyak akan bisa mencapai daerah dibawah permukaan air tanah bereaksi dengan H_2O menjadi :

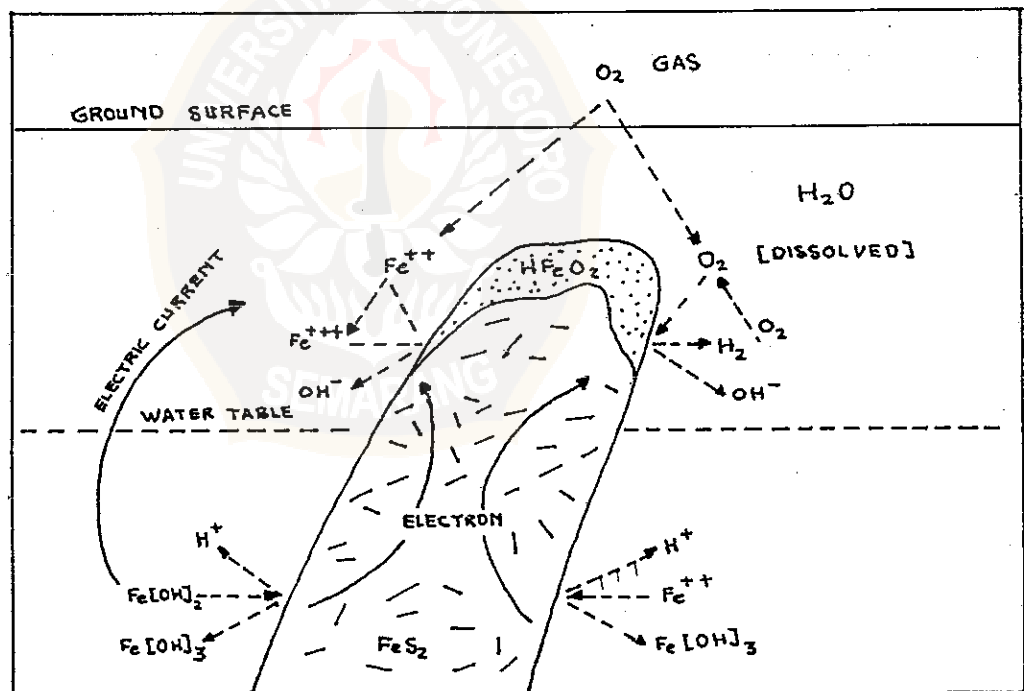


sehingga akan mempercepat bertambahnya jumlah ion ion

didaerah tersebut. Tetapi kalau jumlah Fe^{+++} itu tidak begitu banyak kadang-kadang berubah menjadi :



Demikianlah karena adanya reaksi reduksi dari mineral ke larutan sehingga mereka mengambil elektron dan reaksi oksidasi yang terjadi hanya pada anoda dimana elektron dibebaskan maka akan terjadi aliran arus dimana aliran elektron melewati bagian mineral dari anoda ke katoda. Besarnya beda potensial ditentukan oleh besarnya beda potensial oksida antara larutan larutan pada kedua *half cellnya*.



Gambar B.1 : Mekanisme potensial diri pada daerah mineral menurut *Sato dan Mooney* , 1960.

Berikutnya akan dijelaskan :

1. Potensial *elektrokinetik*
2. Potensial Difusi (*Liquid Junction Potensial*)
3. Potensial Shale (*Nernst*)

A.1. Potensial Elektrokinetik

Potensial ini terjadi karena aliran fluida melalui medium berpori-pori (*poroust*). Potensial *streaming* yang ditimbulkan oleh aliran fluida yang melewati pipa kapiler diberikan oleh :

$$E = \frac{\rho \epsilon \zeta}{4 \pi \eta} \Delta P \quad (\text{B. 1})$$

dimana :

η : viskositas cairan

ρ : resistivitas

ϵ : konstanta dielektrik

ΔP : penurunan tekanan sepanjang lintasan aliran (untuk cairan viskositas, aliran rata-rata dan permeabilitas medium mengikuti hukum *Darcy's*)

ζ : Potensial zeta yaitu voltase *helmholtz* seberang *double layer*.

Menurut *Nourbehecht* 1963 bahwa nilai pengukuran *coefisien coupling potensial* $\frac{E}{\Delta P}$ menghasilkan nilai yang bermacam

macam tergantung dari jenis batumannya dimana nilainya berkisar dari -12 mV sampai 31 mV/atm dalam *sandstones* dengan air destilasi sebagai larutan murni.

Tuman 1963 memperoleh nilai coefisien coupling potensial $E/\Delta P$ menghasilkan sekitar 150 mV/atm sampai 390 mV/atm dalam *sandstones berporoust* yang resistivitasnya 500 ohm meter dan sekitar 15 mV/atm bila resistivitasnya $4,4$ ohm meter.

Ahmad 1964 memperoleh nilai *coefisien coupling potensial* $E/\Delta P$ dalam *guard sands* sekitar 50 mV/atm bila resistivitas 24 ohm meter dan sekitar 2400 mV/atm bila resistivitas larutan murninya 2700 ohm meter.

Klienkenberg dan Van Der Minne 1968 menemukan potensial yang cukup besar disekitar aliran uap air panas sehingga dia sampai pada hipotesa bahwa adalah mungkin bila *coefisien coupling thermo elektrokinetik* untuk *subsurface* aliran panas boleh jadi lebih besar dari pada catatan diatas aliran fluida.

Ogilvy 1961 menemukan aliran fluida dalam *subsurface* akan menghasilkan medan self potensial. Ia mengukur variasi medan potensial diatas dasar batuan *reservoar* yang retak dan terdapat aliran air.

Nourbehecht pada tahun 1963 telah memberikan tehnik untuk menghitung medan self potensial yang ditimbulkan oleh *coupling elektrokinetik*. Teknik ini menggunakan konsep

thermodinamika irreversible untuk menggambarkan coupling tekanan dan gradien potensial.

Catatan penting bahwa *magnitude* dan *polarity* anomali anomali self potensial yang dihasilkan oleh *thermoelektrik* dan *coupling elektrokinetik* tidak hanya tergantung pada parameter sumber seperti temperatur, tekanan dan bentuk geometri, tetapi juga dipengaruhi oleh *magnitude* dan perbedaan *coefisien coupling*.

A.2. POTENSIAL DIFUSI (LIQUID JUNCTION POTENSIAL).

Potensial difusi adalah potensial yang timbul karena adanya perbedaan mobilitas ion dalam larutan yang berbeda konsentrasinya. Besarnya beda potensial diberikan oleh persamaan :

$$E_d = \frac{R \theta (I_a - I_c)}{Fn (I_a + I_c)} \log \frac{C_1}{C_2} \quad (B. 2)$$

dimana :

E_d adalah potensial difusi

R adalah konstanta gas (8,31 joule/ °C).

F adalah konstanta *faraday* (9,65 x 10⁴ C/mol).

θ adalah temperatur

n adalah valensi

I_a adalah mobilitas anion

I_c adalah mobilitas kation

C_1, C_2 adalah konsentrasi larutan.

A.3. POTENSIAL SHALE (NERNST).

Bila dua buah logam yang sama dimasukkan dalam larutan yang homogen maka tidak akan timbul beda potensial pada kedua logam tersebut, bila konsentrasi larutan pada masing masing elektroda berbeda maka akan timbul beda potensial yang dirumuskan :

$$E_s = \frac{R \theta}{Fn} \log \frac{C_1}{C_2} \quad (\text{B.3})$$

sebagai contoh pada suhu 25°C dan $n=1$ maka harga E_s (dalam milivolt) adalah :

$$E_s = -59,1 \log \frac{C_1}{C_2} \quad (\text{B. 4})$$

kombinasi dari potensial difusi dan potensial *nerst* disebut potensial elektrokimia, untuk larutan NaCl pada suhu 25°C harga potensial elektrokimia adalah :

$$E_e = -70,7 \log \frac{C_1}{C_2} \quad (\text{B. 5})$$

A.3. POTENSIAL MINERALSASI

Bila dua macam logam dimasukkan dalam suatu larutan yang homogen maka pada logam tersebut akan timbul beda

potensial. Potensial ini disebut dengan potensial kontak elektrolit. Pada daerah yang banyak mengandung mineral potensial kontak elektrolit dan potensial elektrokimia sering timbul dan dapat diukur dipermukaan dimana mineral itu berada, sehingga dalam hal ini kedua proses timbulnya potensial ini disebut juga dengan potensial mineralisasi. Dan teori potensial mineralisasi inilah yang menjadi dasar untuk menjelaskan timbulnya potensial di alam karena adanya penyebaran mineral dibawah permukaan.



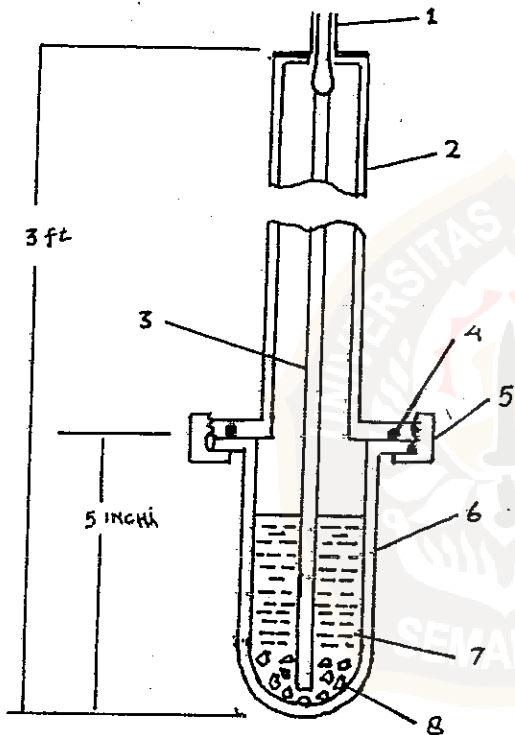
LAMPIRAN C

ELEKTRODA NON POLARISASI
POROUS POT



LAMPIRAN C
ELEKTRODA NON POLARISASI
POROUST POT

Elektroda non polararisasi ini diperkenalkan pertama kali oleh Carl Barus (1882). Elektroda non polarisasi ini biasanya digunakan *poroust pot*. *Poroust pot* terbuat dari keramik atau kaca yang pada bagian dasarnya berpori.



Keterangan :

1. Terminal
2. Pipa PVC 1 inchi
3. Pipa tembaga 1/4 inchi
4. Ring
5. Nut
6. Pot porselin diatas glas dan bagian bawah berpori dengan diameter 3/2 inchi.
7. Larutan jenuh CuSO_4 .
8. Cristal CuSO_4 .

Gambar B.1. : Batang elektroda *poroust pot*.

Dipergunakan *poroust pot* dalam pengukuran potensial, karena *poroust pot* mampu mencegah terjadinya polarisasi antara elektroda pengukur (potensial) yang konduktif dengan larutan ionik dalam pori-pori tanah. Sebenarnya polarisasi yang terjadi pada bidang batas antara elektroda pengukur (potensial) dan larutan ionik tidak mengganggu pengukuran beda potensial bila besarnya polarisasi ini sama dikedua elektroda. Tetapi dilapangan polarisasi elektroda ini tidak sama dikedua elektroda pengukur karena :

1. Komposisi larutan ionik tidak sama dikedua titik pengukuran.
2. Bahan logam yang dipergunakan sebagai elektroda pengukur tidak sama dikedua titik pengukuran.

Untuk mencegah hal hal diatas elektroda dalam *poroust pot* terbuat dari logam yang sama (biasanya logam Cu) dan konsentrasi larutan elektrolit biasanya CuSO_4 dibuat sama. Untuk mudahnya kedua *poroust pot* itu diisi dengan larutan elektrolit (CuSO_4) sama jenuh. Pertukaran muatan dengan tanah terjadi melalui larutan elektrolit yang merembes melalui pori pori dibagian bawah *poroust pot*.

Elektroda non polarisasi ini sebelum digunakan harus dibersihkan dari kristal-kristal yang mengendap dengan sikat nilon. Kemudian direndam dalam air untuk beberapa saat untuk menghindari tertutupnya pori-pori dari elektroda tersebut

oleh kristal kristal CuSO_4 yang telah mengendap. Sebelum digunakan untuk pengukuran dilapangan elektroda tersebut harus dicek apakah telah memenuhi persyaratan atau belum, adapun caranya adalah sebagai berikut :

" Elektroda yang telah dibersihkan dan diisi larutan CuSO_4 ditanam dalam tanah secara berdampingan, tidak saling bersentuhan kemudian diukur beda potensialnya. Beda potensial yang terukur harus lebih kecil atau sama dengan 2 mili volt. Apabila beda potensial yang terukur lebih besar dari harga tersebut mungkin disebabkan oleh *poroust* potnya kurang bersih atau larutannya bocor, sehingga perlu diganti ".



LAMPIRAN D

PENURUNAN PERSAMAAN ROY AND CHOWDHURY

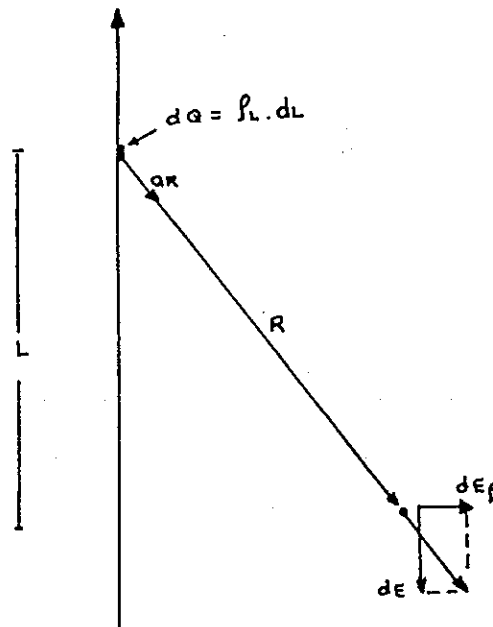


LAMPIRAN D
PENURUNAN PERSAMAAN ROY AND CHOWDHURY

MEDAN MUATAN GARIS

Ditinjau distribusi dari suatu muatan (kerapatan muatan) volume berbentuk filamen, misalnya berkas yang sangat halus dan tajam dari sebuah tabung sinar katoda atau muatan penghantar (konduktor) yang jari jarinya sangat kecil, untuk lebih memudahkan muatan tersebut diperlakukan sebagai muatan garis dengan kerapatan ρ C/m. Dalam hal berkas elektron muatan tersebut dalam keadaan bergerak dan sebetulnya dalam hal ini kita tidak berhadapan dengan persoalan elektrostatik. Namun jika gerak elektron tersebut merupakan gerak lunak dan serba sama (berkas searah) dan untuk sementara kita abaikan medan magnetik yang timbul, maka berkas elektron tersebut dapat dipandang terdiri dari elektron stationer, karena gambaran sesaat yang diambil tiap waktu akan membutuhkan distribusi muatan yang sama.

Ditinjau muatan garis yang memanjang sepanjang sumbu Z dalam sistem koordinat tabung dari $-\infty$ ke $+\infty$ seperti terlihat dalam gambar diatas. Akan dihitung intensitas medan listrik E pada tiap titik yang ditimbulkan oleh muatan garis serba sama dengan kerapatan ρ_L . Kesimetrisan



Gambar D.1 : Kontribusi $dE = dE_\rho \cdot a_\rho + dE_z \cdot a_z$ pada intensitas medan listrik yang ditimbulkan oleh unsur muatan $dQ = \rho_L \cdot dL$ yang terdapat pada jarak L dari titik asal. Kerapatan muatan liniernya serba sama dan memanjang keseluruhan sumbu z .

harus dibahas lebih dahulu agar dapat menentukan dua faktor khusus yaitu :

1. Terhadap koordinat mana medan tersebut tidak berubah .
2. Komponen medan mana yang tidak muncul.

Jawaban terhadap kedua pertanyaan tersebut menunjukkan komponen mana yang muncul dan koordinat mana yang berubah. Dengan menunjuk pada gambar diatas, maka didapatkan bahwa komponen sumbu z dan ϕ adalah tidak mempengaruhi nilai

medan yang timbul dan komponen ρ adalah berhubungan erat dengan medan potensial. Jadi medan tersebut hanya bergantung pada komponen ρ .

Sekarang ditinjau komponen komponen mana yang ada ?. Tiap unsur pertambahan panjang dari muatan garis berlaku sebagai muatan titik dan menghasilkan pertambahan unsur kontribusi (sumbangan) pada intensitas medan listrik yang arahnya menjauhi unsur muatan tersaebut (jika dianggap muatannya positif). Tak ada unsur muatan yang menimbulkan komponen ϕ dari intensitas medan listrik. Namun masing masing unsur menghasilkan komponen E_ρ dan E_z , tetapi sumbangan pada E_z dari unsur yang berjarak sama diatas dan dibawah saling meniadakan. Sehingga kita dapatkan bahwa hanya komponen E_ρ yang berada dan komponen ini bergantung pada ρ . Sekarang kita tentukan komponen ini. Dipilih titik P pada sumbu Y tempat kita menentukan medan. Titik ini merupakan titik umum, jika kita pandang bahwa medan tersebut tidak berubah terhadap ϕ dan Z. Dengan menggunakan persamaan :

$$E = \frac{Q}{4\pi \epsilon r^2} \cdot a_r \quad (D. 1)$$

Untuk mencari unsur pertambahan medan di P yang disebabkan unsur muatan $dQ = \rho \cdot dL$, maka diperoleh :

$$dE = \frac{\rho_L \cdot dL}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2} \cdot a_r \quad (D. 2)$$

atau :

$$dE = \frac{\rho_L \cdot dL}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^3} \quad (D. 3)$$

Dengan menggantikan r^2 dengan $L^2 + \rho^2$ dan menjumlahkan sumbangan dari tiap unsur muatan diperoleh :

$$E_\rho = \int_0^L \frac{\rho_L \cdot \rho \, dL}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot (L^2 + \rho^2)^{1.5}} \quad (D. 4)$$

penyelesaiannya adalah :

$$E_\rho = \frac{\rho_L}{2\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \rho} \quad (D. 5)$$

dimana :

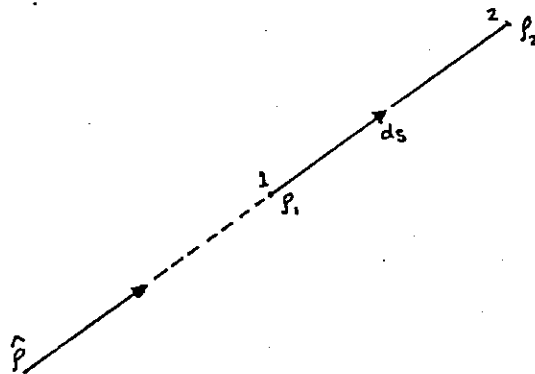
E_ρ = medan listrik

ρ_L = rapat muatan persatuan panjang

ρ = jari jari (jarak antara titik P dari garis muatan)

Medan muatan garis menunjukkan bahwa medanya menurun berbanding terbalik dengan jarak kemuatan garis.

Dari persamaan D.5 karena medan listrik E hanya tergantung pada komponen ρ , maka ini menunjukkan bahwa permukaan equipotensial akan berbentuk silinder.



Gambar D.2 : menunjukkan gambar lintasan integrasi yang digunakan untuk menentukan beda potensial yang dimiliki untuk garis arus uniform.

Lintasan terletak dalam bidang tegak lurus terhadap distribusi arus dan perpotongan bidang ini sebagai titik asal. Kita jumlahkan potensial sepanjang garis lurus dengan arah gerakan ρ konstan dari titik asal 1 sampai titik akhir 2 dimana jaraknya masing masing dari arus adalah ρ_1 dan ρ_2 .

$$\phi = \phi(r_2) - \phi(r_1)$$

$$\phi = \int_1^2 E \cdot ds \quad (D. 6)$$

dimana $ds = \rho \cdot d\rho$

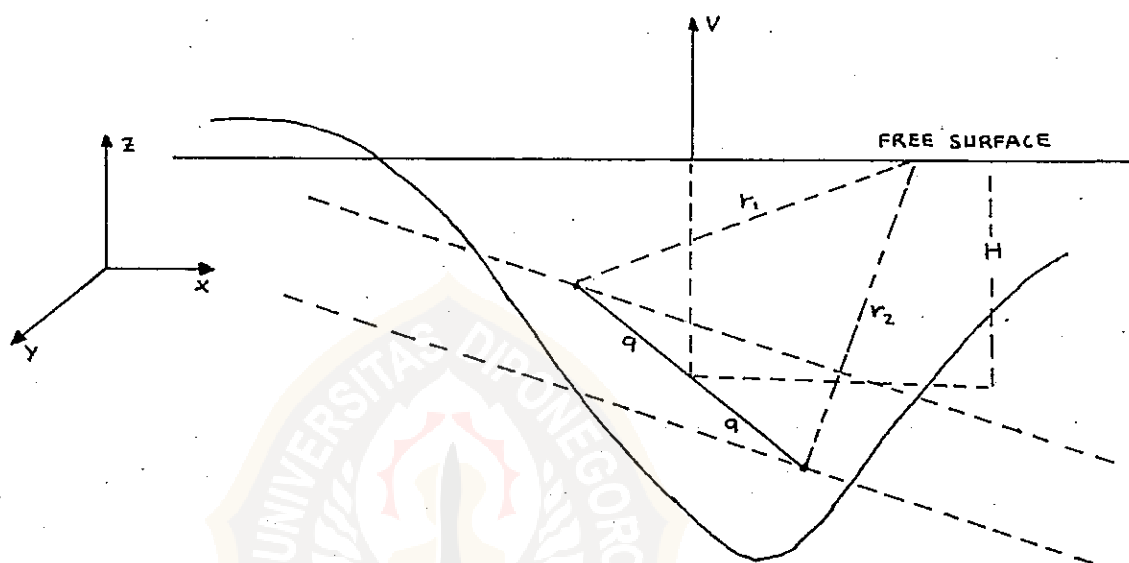
sehingga :

$$\phi = \phi(r_2) - \phi(r_1)$$

$$\phi = \frac{\lambda}{2\pi \cdot \epsilon} \ln (r_1 / r_2) \quad (D. 7)$$

Persamaan D.7 untuk panjang garis yang tak terbatas

panjang uniform dengan densitas arus I dan yang lain dengan densitas arus I . Panjang kedua garis paralel adalah L_1 sampai L_2 dengan jarak masing masing garis terhadap titik P adalah r_1 dan r_2 .



Gambar D.4. : Penggambaran lempeng dua dimensi

Bila L_1 dan L_2 sudah cukup besar panjangnya maka kita dapat menggunakan persamaan D.12 untuk mencari potensial di titik P. Sehingga diperoleh potensial yang disebabkan oleh garis arus A adalah :

$$\phi_A = \frac{\lambda_A}{4\pi \cdot \epsilon} \ln \frac{4L_1 \cdot L_2}{\rho_1^2} \quad (D.13)$$

Potensial yang disebabkan oleh garis arus B adalah :

$$\phi_B = \frac{\lambda_B}{4\pi \cdot \epsilon} \ln \frac{4L_1 \cdot L_2}{\rho_2^2} \quad (\text{D.14})$$

Permittivitas bahan (ϵ) = $k \cdot \epsilon_0 = \rho$ ohm/meter

sehingga dengan mensubstitusi $\rho_1 = r_1$ dan $\rho_2 = r_2$ maka potensial individu untuk dua garis arus adalah :

$$\phi_A = \frac{.I \cdot \rho}{2 \pi} \ln \frac{4L_1 \cdot L_2}{r_1^2} \quad (\text{D.15})$$

$$\phi_B = - \frac{.I \cdot \rho}{2 \pi} \ln \frac{4L_1 \cdot L_2}{r_2^2} \quad (\text{D.16})$$

Sehingga potensial total dititik P yang disebabkan oleh dua buah garis arus berlawanan yang panjangnya terbatas adalah :

$$\phi = \phi_A + \phi_B = \frac{.I \cdot \rho}{2 \pi} \ln \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (\text{D.17})$$

dimana

ϕ = Potensial dititik P

I = Densitas arus

ρ = Resistivitas medium

r = Jarak arus dari titik pengamatan

LAMPIRAN E

PENURUNAN PERSAMAAN ANOMALI SP MODEL BOLA

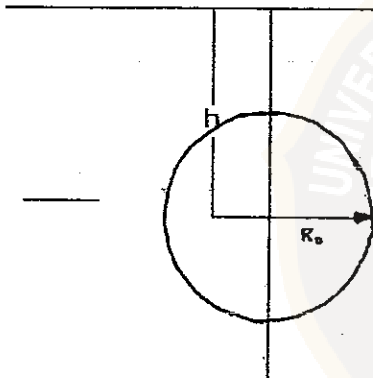


APPENDIKS E

PENURUMAN PERSAMAAN ANOMALI SP MODEL BOLA

KONDUKSI BOLA

Salah satu dari masalah teori geolistrik dimana dapat diselesaikan secara exact tetapi sulit untuk menentukan penggambaran menggunakan metode nyata adalah pengambilan distribusi potensial permukaan setengah bola uniform dimana bola konduktif tertanam dalam tanah. Penyelesaian masalah ini adalah bermanfaat karena mampu menunjukkan benda penghantar yang menyebabkan.



Gambar E.1.: Konduksi bola dalam medan listrik uniform

Gambar E.2.: Koordinat dua bola

Dari gambar E.2. didefinisikan koordinat μ, η dan φ oleh hubungan parameter :

$$x = \frac{f \sin \eta \cdot \cos \varphi}{\cos \mu - \cos \eta} \quad (\text{E.1})$$

$$y = \frac{f \sin \eta \cdot \sin \varphi}{\cos \mu - \cos \eta} \quad (\text{E.2})$$

$$z = \frac{f \sinh \mu}{\cos \mu - \cos \eta} \quad (\text{E.3})$$

Permukaan bola $\mu = \text{konstan}$ yaitu bola dengan radius $f/\sinh \mu$ dengan pusat $(0,0, f \coth \mu)$. φ adalah konstan dan μ dapat bergerak dari 0 sampai tak hingga jika $z > 0$ serta η bergerak dari 0 sampai π .

Untuk sistem dua kutub maka $\mu = \pm \mu_0$, dimana menghubungkan titik titik $(0,0, \pm f)$. Sehingga konduksi pada permukaan bola yang memiliki radius R adalah $\mu = \sinh^{-1} f/R = \mu_0$. Permukaan dasar bola adalah permukaan dimana $\mu = 0$. Pusat bola terletak pada kedalaman $d = f \cdot \coth \mu_0$, dimana berlaku $f = (d^2 - R^2)^{0,5}$ yang berarti bahwa sistem koordinat tergantung dua parameter R dan d .

Misal diambil $V = (\cosh \mu - \cos \eta)^{0,5} F$, maka persamaan transformasi laplace menjadi :

$$\nabla^2 V = 0 \quad (\text{E.8})$$

$$\frac{\partial^2 F}{\mu} + \frac{1}{\sin \eta} \frac{\partial}{\partial \eta} (\sin \eta \frac{\partial F}{\partial \eta}) + \frac{1}{\sin^2 \eta} \frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2} - \frac{1}{4} F = 0 \quad (\text{E.9})$$

Persamaan E.9 diselesaikan dengan metode sparasi variabel dengan penyelesaian :

$$F(\mu, \eta, \varphi) = M(\mu) H(\eta) \phi(\varphi) \quad (\text{E.10})$$

$$\frac{d^2 \phi}{d \mu^2} = - m^2 \phi \quad (\text{E.11})$$

$$\frac{d^2 M}{d \mu^2} = (n + 0,5) M \quad (\text{E.12})$$

dan

$$\frac{1}{\sin \eta} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\sin \eta \frac{\partial H}{\partial \eta} \right) + \left\{ n(n+1) - \frac{m^2}{\sin^2 \eta} \right\} H = 0 \quad (\text{E.13})$$

Persamaan E.11 dan E.12 adalah sejenis dan persamaan E.13 adalah persamaan *Associated Legendre*. Dengan mengubah variabel tak bebas $\cos \eta$, maka fungsi karakteristik persamaan laplace dalam koordinat bispherical menjadi :

$$(\cosh \mu - \cos \eta)^{0,5} e^{\pm (n+0,5)\mu} P_n^m(\cos \eta) \sin^m \eta \quad m < n$$

Misalkan dalam bola terdapat medan listrik uniform E_0 dalam arah x , maka :

$$\begin{aligned} V_0 &= - E_0 \cdot x \\ &= - E_0 \frac{f \sin \eta \cdot \cos \varphi}{\cos \mu - \cos \eta} \end{aligned} \quad (\text{E.14})$$

$(\cos \mu - \cos \eta)^{-0,5}$ diekspansikan dalam pangkat $\cos \eta$ maka diperoleh :

$$(\cos \mu - \cos \eta)^{-0,5} = \sqrt{2} \sum_{n=0}^{\infty} e^{-(n+0,5)\mu} P_n(\cos \eta) \quad \mu > 0 \quad (\text{E.15})$$

sehingga diperoleh :

$$\frac{\sin \eta}{(\cosh \mu - \cos \eta)^{1,5}} = 2 \frac{\partial}{\partial \eta} \frac{-1}{(\cosh \mu - \cos \eta)^{0,5}} \quad (\text{E.15})$$

$$= 2\sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-(n+0,5)\mu} P_n^1(\cos \eta) \quad (\text{E.16})$$

Akhirnya diperoleh :

$$V_0 = 2\sqrt{2} E_0 \cdot f \cos \varphi (\cosh \mu - \cos \eta)^{0,5} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-(n+0,5)\mu} P_n^1(\cos \eta)$$

Penyelesaian umum potensial diluar bola adalah :

$$V_1 = V_0 + V^{(s)} \quad (\text{E.17})$$

Dimana $V^{(s)}$ adalah penyimpangan potensial yang dimiliki karena adanya bola. Dalam hubungannya dengan karakteristik fungsi persamaan laplace, penyelesaian seluruhnya adalah :

$$V_1 = 2\sqrt{2} E_0 \cdot f \cos \varphi (\cosh \mu - \cos \eta)^{0,5} \left[\sum_{n=1}^{\infty} e^{-(n+0,5)\mu} P_n^1(\cos \eta) \cdot \right. \\ \left. \cos \varphi + \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=-n}^{m=n} \{ A_n^m \cos (n+0,5)\mu \right. \\ \left. + B_n^m \sinh (n+0,5)\mu \} \frac{\cos m\varphi}{\sin m\varphi} P_n^m(\cos \eta) \right] \quad (\text{E.18})$$

Persamaan E.18 dimasukkan ke kondisi batas :

$$\frac{\partial V^{(s)}}{\partial \mu} = 0 \quad \mu = 0$$

$$V_1 = V_2 \quad \mu = \mu_0$$

dan

$$\sigma_1 \frac{\partial V_1}{\partial \mu} = \sigma_2 \frac{\partial V_2}{\partial \mu} \quad \mu = \mu_0$$

Akhirnya anomali medan potensial yang dihasilkan pada bidang $Z=0$ ($\mu=0$) adalah :

$$V^{(s)}(0, \eta, \varphi) = 2\sqrt{2} E_0 \cdot f(1 - \cos \eta)^{0,5} \sum_{n=1}^{\infty} G_n(\eta) P_n^1(\cos \eta) \cos \varphi \quad (\text{E.19})$$

jika $\sigma_2 \gg \sigma_1$ akan diperoleh persamaan :

$$V^{(s)}(0, \eta, \varphi) = 2\sqrt{2} E_0 \cdot f(1 - \cos \eta)^{0,5} \sum_{n=1}^{\infty} (e^{(2n+1)\mu_0+1})^{-1} \times P_n^1(\cos \eta) \cos \varphi \quad (\text{E.20})$$

Pada kenyataan dilapangan perbedaan potensial diukur didua titik pada daerah permukaan dengan jarak tertentu a . Sehingga anomali potensial didaerah sekitar bola menjadi :

$$V^{(s)} = V^{(s)}_{(x+a)} - V^{(s)}_{(x)} \quad (\text{E.21})$$

Pendekatan yang cocok dari persamaan E.21 adalah :

$$V^{(s)} = a \left(\frac{\partial V^{(s)}}{\partial x} \right)_{z=0} = \frac{a(1 - \cos \eta)}{\eta} \left(\frac{\partial V^{(s)}}{\partial \eta} \right)_{\eta=0} \quad (\text{E.22})$$

Sehingga untuk mencari anomali medan listrik yang disebabkan oleh bola adalah dengan mendiferensialkan persamaan E.20.

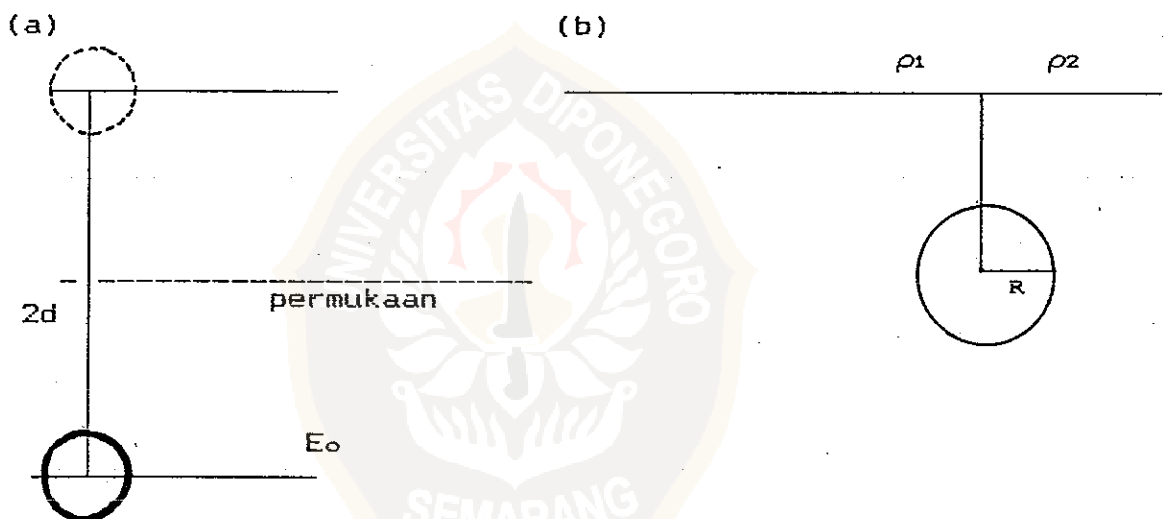
Selanjutnya dianggap permukaantanah sebagai kaca cermin sehingga akan terbentuk bayangan bola diatas kaca dengan jarak

kedua bola dengan kaca adalah sama. Asumsi tersebut tak ada pengaruhnya dalam analisa untuk mencari medan listrik.

Akhirya penyelesaian potensial masalah nilai batas bola yang memiliki medan listrik uniform E_0 adalah :

$$V^{(s)} = - \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{\sigma_2 + 2\sigma_1} \frac{E_0 \cdot R^3 \cdot x}{(x^2 + d^2)^{1,5}} \quad (E.23)$$

dimana x diukur dari titik diatas pusat.



Gambar E.3.a.: Penggambaran potensial metode satir (bayangan)

Gambar E.3.b.: Penggambaran komponen penyebab anomali SP model bola.

Karena ada dua sumber maka anomali total akan menjadi dua kalinya, sehingga anomali medan listrik menjadi :

$$V^{(s)} = -2 \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{\sigma_2 + 2\sigma_1} \frac{E_0 \cdot R^3}{(x^2 + d^2)^{1,5}} (2x^2 - d^2) \quad (E.24)$$

untuk $\alpha_2 \gg \alpha_1$ persamaan E.24 menjadi

$$V^{(s)} = 2E_0 \cdot R^3 a \frac{(2x^2 - d^2)}{(x^2 + d^2)^{1,5}} \quad (E.25)$$

dari gambar E.3.b diperoleh bahwa

$$x = r \cos \alpha$$

$$d = r \sin \alpha$$

maka :

$$V^{(s)} = 2E_0 \cdot R^3 a \frac{(x^2 - d^2)}{(x^2 + d^2)^{1,5}}$$

$V^{(s)} = M \frac{(x \cos \alpha - d \sin \alpha)}{(x^2 + d^2)^{1,5}} \quad (E.26)$

dimana :

V = Anomali potensial

x = jarak

α = sudut polarisasi

d = kedalaman mineral

M = Momen listrik (momen dipole listrik)