

LAMPIRAN A

LISTING PROGRAM



```

unit UnitSpektrum;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  TeeProcs, TeEngine, Chart, ExtCtrls, Series, StdCtrls, Buttons, Math,
  ComCtrls, Menus;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Panel2: TPanel;
    Grafik: TBitBtn;
    EditWl: TEdit;
    EditWv: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Batas: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Chart1: TChart;
    Series1: TLineSeries;
    Animate1: TAnimate;
    Button1: TButton;
    Data: TBitBtn;
    Series2: TLineSeries;
    Fasilitas: TPopupMenu;
    DP: TMenuItem;
    HP: TMenuItem;
    Print: TMenuItem;
    N1: TMenuItem;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    procedure GrafikClick(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure DataClick(Sender: TObject);
    procedure BatasExit(Sender: TObject);
    procedure HPClick(Sender: TObject);
    procedure DPClick(Sender: TObject);
    procedure PrintClick(Sender: TObject);
  private
  public
  end;
var
  Form1 : TForm1;
  Wl, Wv : real;
implementation

```

```

Uses TLabelData;
{$R *.DFM}
procedure TForm1.GrafikClick(Sender: TObject);
var i, J:integer;
    A,depan,tengah,belakang : real;
begin
    Chart1.Series[0].Clear;
    Chart1.BottomAxis.Minimum := -1*StrToFloat(Batas.Text);
    Chart1.BottomAxis.Maximum := StrToFloat(Batas.Text);
    Wl:=StrToFloat(EditWl.Text);
    Wv:=StrToFloat(EditWv.text);
    depan :=(1-(Wl/Wv))*exp(-2.772*(0/Wv));
    tengah :=(Wl/Wv)*(1/(1+4*sqr(0/Wv)));
    belakang:=0.016*(1-(Wl/Wv))*(Wl/Wv)*(exp(-0.14*power(0/Wv,2.25))-
(10/(10+power(0/Wv,2.25))));
    A:=depan+tengah+belakang;
    Chart1.Series[0].AddXY(0,A,FloatToStr(0),clBlack);
    J := 100;
    Animate1.Visible := True;
    Animate1.Active := True;
    for i:= 1 to J do
    begin
        depan :=(1-(Wl/Wv))*exp(-2.772*((StrToFloat(Batas.Text)/J)*I/Wv));
        tengah :=(Wl/Wv)*(1/(1+4*sqr((StrToFloat(Batas.Text)/J)*I/Wv)));
        belakang:=0.016*(1-(Wl/Wv))*(Wl/Wv)*(exp(-
0.14*power((StrToFloat(Batas.Text)/J)*I/Wv,2.25))-
(10/(10+power((StrToFloat(Batas.Text)/J)*I/Wv,2.25))));
        A:=depan+tengah+belakang;
        Chart1.Series[0].AddXY((StrToFloat(Batas.Text)/J)*I,A,FloatToStr((StrToFloat(
Batas.Text)/J)*I),clBlack);
        Chart1.Series[0].AddXY(-(StrToFloat(Batas.Text)/J)*I,A,FloatToStr(-
(StrToFloat(Batas.Text)/J)*I),clBlack);
        Application.ProcessMessages;
    end;
    Animate1.Visible := False;
    Animate1.Active := False;
    HP.Enabled := True;
    HP.Checked := True;
    Series1.Active := True;
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
Var Dir : String;
begin
    GetDir(0,Dir);

```

```

    Animate1.FileName := Dir+'Cool.avi';
    Series1.Active := False;
    Series2.Active := False;
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    close;
end;
procedure TForm1.DataClick(Sender: TObject);
begin
    Enabled := False;
    Form3.Show;
end;
procedure TForm1.BatasExit(Sender: TObject);
begin
    Chart1.BottomAxis.Minimum := -1*StrToFloat(Batas.Text);
    Chart1.BottomAxis.Maximum := StrToFloat(Batas.Text);
end;
procedure TForm1.HPClick(Sender: TObject);
begin
    HP.Checked := Not HP.Checked;
    If HP.Checked Then
        Series1.Active := True
    Else
        Series1.Active := False;
end;
procedure TForm1.DPClick(Sender: TObject);
begin
    DP.Checked := Not DP.Checked;
    If DP.Checked Then
        Series2.Active := True
    Else
        Series2.Active := False;
end;
procedure TForm1.PrintClick(Sender: TObject);
begin
    Chart1.Print;
end;
end.

unit Splash;
interface
uses
    Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,

```

```

ExtCtrls, StdCtrls;
type
  TForm2 = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Image1: TImage;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    procedure Panel1Click(Sender: TObject);
    procedure Label6Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form2: TForm2;
  Splas : Boolean;
implementation
  {$R *.DFM}
  procedure TForm2.Panel1Click(Sender: TObject);
  begin
    Splas := True;
  end;
  procedure TForm2.Label6Click(Sender: TObject);
  begin
    Splas := True;
  end;
end.

```

```

unit TabelData;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  Grids, Buttons;
type
  TForm3 = class(TForm)
    Tabel: TStringGrid;
    Add: TSpeedButton;
    Save: TSpeedButton;

```

```

SaveDialog1: TSaveDialog;
Load: TSpeedButton;
OpenDialog1: TOpenDialog;
Visible: TSpeedButton;
Clear: TSpeedButton;
DelKolom: TSpeedButton;
DelFile: TSpeedButton;
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure AddClick(Sender: TObject);
procedure TabelKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
procedure SaveClick(Sender: TObject);
procedure LoadClick(Sender: TObject);
procedure VisibleClick(Sender: TObject);
procedure ClearClick(Sender: TObject);
procedure DelKolomClick(Sender: TObject);
procedure DelFileClick(Sender: TObject);
private
public
end;
var
  Form3: TForm3;
implementation
Uses UnitSpektrum;
{$R *.DFM}
procedure TForm3.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
  Form1.Enabled := True;
end;
procedure TForm3.FormCreate(Sender: TObject);
Var I : Integer;
begin
  Tabel.Cells[0,1] := 'Intensitas Relatif';
  Tabel.Cells[0,2] := 'Panjang Gelombang';
  For I:=1 To 5 Do
  Begin
    Tabel.ColWidths[I] := 40;
    Tabel.Cells[I,0] := IntToStr(I);
  End;
end;
procedure TForm3.AddClick(Sender: TObject);
Var I : Byte;
begin
  Tabel.ColCount := Tabel.ColCount+1;

```

```

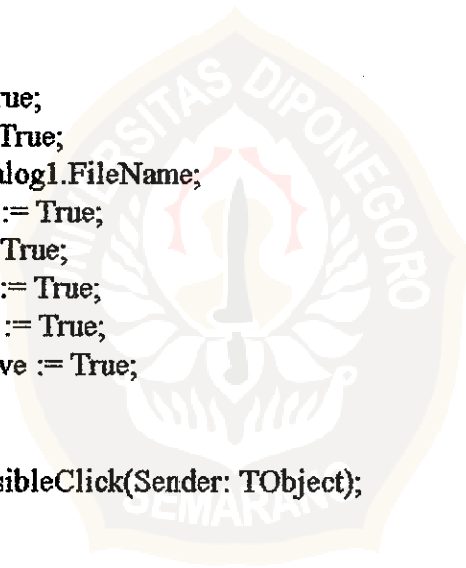
Tabel.ColWidths[Tabel.ColCount-2] := 40;
Tabel.ColWidths[Tabel.ColCount-1] := 40;
Tabel.Cells[Tabel.ColCount-1,0] := IntToStr(Tabel.ColCount-1);
DelKolom.Enabled := True;
For I:=1 To 2 Do
  Tabel.Cells[Tabel.ColCount-1,I] := "";
end;
procedure TForm3.TabelKeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
  Case Key Of
    '0'..'9','!','#8','-' : Begin
      Save.Enabled := True;
      Clear.Enabled := True;
      Visible.Enabled := True;
      Visible.Caption := 'Invisible';
    End
  Else
    SendMessage(Tabel.Handle,WM_CHAR,08,08);
  End;
end;
procedure TForm3.SaveClick(Sender: TObject);
Var List : TStringList;
  I : Integer;
  J : Byte;
begin
  If SaveDialog1.Execute Then
  Begin
    List := TStringList.Create;
    List.Append(IntToStr(Tabel.ColCount-1));
    For J:=1 To 2 Do
      For I:=1 To Tabel.ColCount-1 Do
        List.Append(Tabel.Cells[I,J]);
    List.SaveToFile(SaveDialog1.FileName);
    List.Free;
    Save.Enabled := False;
    DelFile.Enabled := True;
    Caption := SaveDialog1.FileName;
    Visible.Caption := 'Invisible';
    Visible.Click;
    Form1.DP.Enabled := True;
    Form1.DP.Checked := True;
    Form1.Series2.Active := True;
  End;
end;

```

```

procedure TForm3.LoadClick(Sender: TObject);
Var I : Integer;
    List : TStringList;
begin
    If OpenFileDialog1.Execute Then
    Begin
        Visible.Caption := 'Invisible';
        List := TStringList.Create;
        List.LoadFromFile(OpenDialog1.FileName);
        Tabel.ColCount := StrToInt(List.Strings[0])+1;
        For I:=1 To Tabel.ColCount-1 Do
            Begin
                Tabel.ColWidths[I] := 40;
                Tabel.Cells[I,0] := IntToStr(I);
                Tabel.Cells[I,1] := List.Strings[I];
                Tabel.Cells[I,2] := List.Strings[Tabel.ColCount-1+I];
            End;
        List.Free;
        Visible.Click;
        Clear.Enabled := True;
        Visible.Enabled := True;
        Caption := OpenFileDialog1.FileName;
        DelKolom.Enabled := True;
        DelFile.Enabled := True;
        Form1.DP.Enabled := True;
        Form1.DP.Checked := True;
        Form1.Series2.Active := True;
    End;
end;
procedure TForm3.VisibleClick(Sender: TObject);
Var I : Integer;
    X, Y : Real;
begin
    If Visible.Caption='Invisible' Then
    Begin
        Visible.Caption := 'Visible';
        Form1.Series2.Clear;
        For I:=1 To Tabel.ColCount-1 Do
            Begin
                If Tabel.Cells[I,2]='' Then
                    X := 0
                Else
                    X := StrToFloat(Tabel.Cells[I,2]);
                If Tabel.Cells[I,1]='' Then

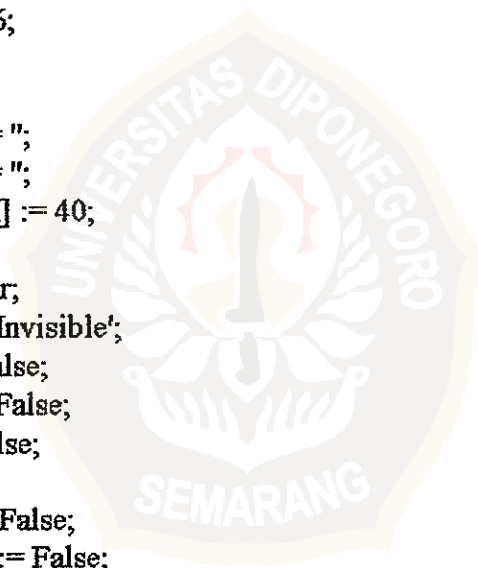
```




```

        Y := 0
    Else
        Y := StrToFloat(Tabel.Cells[I,1]);
        Form1.Chart1.Series[1].AddXY(X,Y,Tabel.Cells[I,2],clRed);
    End;
End
Else
Begin
    Visible.Caption := 'Invisible';
    Form1.Series2.Clear;
End;
Form1.DP.Checked := Not Form1.DP.Checked;
Form1.Series2.Active := Not Form1.Series2.Active;
end;
procedure TForm3.ClearClick(Sender: TObject);
Var I : Byte;
begin
    Tabel.ColCount := 6;
    For I:=1 To 5 Do
    Begin
        Tabel.Cells[I,1] := "";
        Tabel.Cells[I,2] := "";
        Tabel.ColWidths[I] := 40;
    End;
    Form1.Series2.Clear;
    Visible.Caption := 'Invisible';
    Clear.Enabled := False;
    Visible.Enabled := False;
    Save.Enabled := False;
    Caption := 'Data';
    DelFile.Enabled := False;
    Form1.DP.Enabled := False;
    Form1.DP.Checked := False;
    Form1.Series2.Active := False;
end;
procedure TForm3.DelKolomClick(Sender: TObject);
begin
    If Tabel.ColCount<=2 Then
    Begin
        DelKolom.Enabled := False;
        Exit;
    End;
    Tabel.ColCount := Tabel.ColCount-1;
    Save.Enabled := True;

```



```

If Tabel.ColCount=2 Then
Begin
  DelKolom.Enabled := False;
End;
end;
procedure TForm3.DelFileClick(Sender: TObject);
Var F : File Of Byte;
begin
  AssignFile(F,Caption);
  Reset(F);
  If MessageDlg('Anda Ingin Menghapus File '+ExtractFileName(Caption)+'?',
    mtConfirmation, [mbYes, mbNo], 0) = mrYes then
  Begin
    CloseFile(F);
    Erase(F);
    Clear.Click;
    DelFile.Enabled := False;
    Form1.DP.Enabled := False;
    Form1.DP.Checked := False;
    Form1.Series2.Active := False;
    Exit;
  End;
  CloseFile(F);
end;
end.

```



LAMPIRAN B

DATA PENELITIAN



Tabel B-1 : Data grafik tekanan vs W_V spektrum plasma Argon pada panjang gelombang 763,5 nm (Gambar 4.5)

No	Tekanan (bar)	W_V (nm)	W (nm)
1.	7	0,26688	0,2136
2.	10	0,37443	0,33852
3.	15	0,41347	0,38126
4.	20	0,51172	0,48606
5.	30	0,69748	0,67888
6.	40	0,78457	0,76808
7.	50	0,82461	0,80894
8.	60	0,97701	0,96382
9.	70	1,0355	1,02306
10.	85	1,2366	1,22621
11.	95	1,3293	1,31964

Jumlah molekul pada 1 cm³ saat 0⁰ C 1 atm = 2,687 x 10¹⁹ cm⁻³ (bilangan Loschmidt)

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^6 \text{ dyne/cm}^2$$

$$= 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

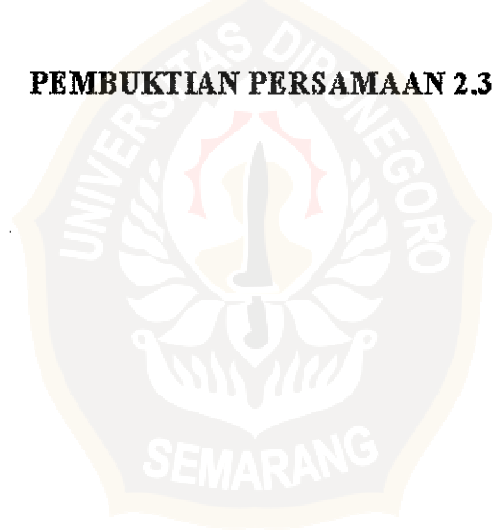
$$1 \text{ bar} = 1,01325 \text{ atm}$$

Tabel B-2 : Data grafik tekanan vs W_v spektrum plasma Argon pada panjang gelombang 696,5 nm (gambar 4.6).

No.	P (bar)	P (MPa)	W_v (nm)	W (nm)
1.	14,141	1,4138	0,320	0,27713
2.	18,855	1,8850	0,400	0,36661
3.	18,855	1,8850	0,420	0,38833
4.	28,282	2,8275	0,470	0,44193
5.	28,282	2,8275	0,520	0,49477
6.	41,480	4,1470	0,690	0,67119
7.	52,793	5,2780	0,700	0,68147
8.	65,991	6,5975	0,830	0,81443
9.	68,254	6,8237	0,850	0,83481
10.	68,254	6,8237	0,900	0,88566
11.	73,533	7,3515	0,900	0,88566
12.	73,533	7,3515	0,960	0,94657
13.	82,961	8,2940	1,100	1,0883
14.	82,961	8,2940	1,125	1,11356
15.	94,273	9,4250	0,960	0,94657
16.	94,273	9,4250	1,120	1,10851
17.	94,273	9,4250	1,125	1,11356

LAMPIRAN C

PEMBUKTIAN PERSAMAAN 2.31



Diasumsikan distribusi uniform dari penumbuk pada ruang fase, dan pengukuran frekuensi dimulai dari densitas minimum (tekanan nol). Jika distribusi statistik disimbolkan dengan $I'(v)$ dan r_i adalah jarak penumbuk ke- i dari atom pengemisi, n adalah jumlah total penumbuk dan V adalah volume, maka

$$I'(v)dv = (4\pi/V)^n \int \dots \int_{dv} r_1^2 r_2^2 \dots r_n^2 dr_1 \dots dr_n \quad (C.1)$$

Integrasi terhadap r berada diantara

$$v - \frac{dv}{2} < -\sum_i \frac{\alpha}{r_i^6} < v + \frac{dv}{2} \quad (C.2)$$

Dengan memasukkan faktor Dirichlet yang bernilai 1 di dalam daerah pada persamaan (C.2) dan berkurang di luar daerah dari persamaan (C.2), maka persamaan (C.1) menjadi

$$I'(v)dv = \frac{1}{\pi} \left(\frac{4\pi}{V} \right)^n \int \dots \int r_1^2 r_2^2 \dots r_n^2 dr_1 \dots dr_n \int_{-\infty}^{\infty} d\rho \frac{\sin\left(\frac{1}{2}\rho dv\right)}{\rho} e^{-i\nu\rho + i\alpha\rho \sum (1/r_i^6)} \quad (C.3)$$

Diasumsikan dari persamaan (C.1) bahwa $dv \rightarrow 0$ dan dengan penyederhanaan faktor sinus kemudian dipisahkan terhadap r serta mengganti $e^{i\alpha\rho/r^6}$ dengan $1 - (1 - e^{i\alpha\rho/r^6})$ maka

$$I'(v) = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{4\pi}{V} \right)^n \int_{-\infty}^{\infty} d\rho e^{-i\nu\rho} \left\{ \int \left[1 - \left(1 - e^{i\alpha\rho/r^6} \right) \right] r^2 dr \right\}^n \quad (C.4)$$

Integrasi dalam $\{ \}$ dapat dihubungkan dengan volume total : $4\pi d^3/3 = V$ jika diintegrasikan dari jarak pendek r ke jarak panjang d . Sehingga integrasi di dalam $\{ \}$ menjadi

$$\int \left[1 - \left(1 - e^{i\alpha\rho/r^6} \right) \right] r^2 dr = \frac{V}{4\pi} \left(1 - \frac{4\pi V^i}{V} \right) \quad (C.5)$$

dengan menggunakan persamaan

$$V' = \int_0^{\infty} \left(1 - e^{i\alpha\rho/r^6}\right) r^2 dr \quad (C.6)$$

Jika jumlah partikel pengganggu dalam satu elemen volume $n_1 = n/V$ bernilai konstan maka

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 - 4\pi n_1 V'/n)^n = e^{-4\pi n_1 V'} \quad (C.7)$$

dan persamaan (C.4) menjadi

$$I'(v) = (1/2\pi) \int_{-\infty}^{\infty} d\rho e^{-i v \rho} e^{-4\pi n_1 V'(\rho)} \quad (C.8)$$

Substitusi x terhadap $\alpha\rho/r^6$ maka salah satu bentuk integral parsialnya adalah

$$V'(\rho) = \frac{(\alpha\rho)^{\frac{1}{2}}}{3} \int_0^{\infty} \left(\frac{\sin x}{x^{\frac{1}{2}}} - i \frac{\cos x}{x^{\frac{1}{2}}} \right) dx = \frac{(2\pi\alpha\rho)^{\frac{1}{2}}}{6} (1 - i) \quad (C.9)$$

Jika integral dari persamaan (C.8) dirubah menjadi bentuk

$$\int_{-\infty}^{\infty} = \int_{-\infty}^0 + \int_0^{\infty} \quad (C.10)$$

dan jika $-\rho$ diganti menjadi ρ maka limitnya menjadi antara 0 dan ∞ untuk kedua integral; dan akan menjadi riil jika keduanya ditambah, dan akan didapat

$$I'(v) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \exp \left[-\frac{2\pi}{3} n_1 (2\pi\alpha\rho)^{\frac{1}{2}} \right] \cos \left(v\rho - \frac{2\pi}{3} n_1 (2\pi\alpha\rho)^{\frac{1}{2}} \right) d\rho \quad (C.11)$$

Bentuk lain dari persamaan di atas

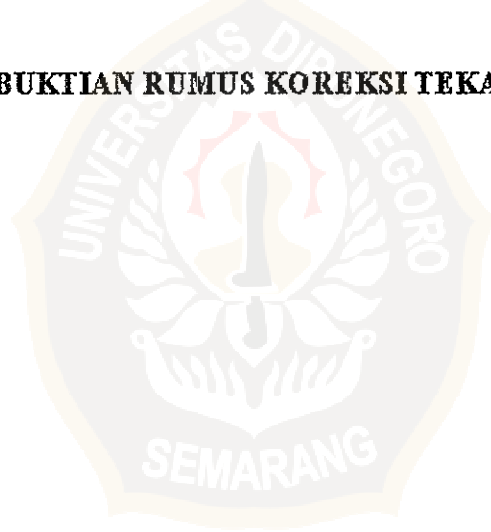
$$\int_0^{\infty} e^{-px} \cos(x^2 - px) x dx \quad \text{dengan} \quad x = (v\rho)^{\frac{1}{2}} \quad (C.12)$$

dan reduksi terhadap fungsi menjadi

$$I'(v) = \frac{2}{3} \pi \alpha^{\frac{1}{2}} n_1 v^{\frac{3}{2}} \exp \left(- (4/9) \pi^3 \alpha n_1^2 / v \right) \quad (C.13)$$

LAMPIRAN D

PEMBUKTIAN RUMUS KOREKSI TEKANAN



Fungsi-fungsi termodinamika dalam plasma diselesaikan berawal dari fungsi-fungsi partisi relatif pada setiap partikel dalam plasma. Tahap pertama menyangkut perhitungan fungsi-fungsi untuk sebuah partikel. Dalam kasus sederhana, entropi diperoleh dari hipotesa Boltzmann (hubungan antara entropi dan probabilitas dari keadaan makroskopik yang paling mungkin) seperti persamaan :

$$S = Nk_B + Nk_B \ln \frac{Z(T)}{N} + \frac{E}{T} \quad (D.1)$$

dengan N adalah jumlah partikel dari jenis partikel yang ditinjau, E adalah energi total yang berhubungan dan Z(T) adalah fungsi partisi tiap partikel.

Dengan menggunakan pendekatan Stirling diperoleh :

$$S = k_B \ln Z^{\text{tot}}(T) + \frac{E}{T} \quad (D.2)$$

dengan mengusulkan :

$$Z^{\text{tot}}(T) = \frac{Z^N(T)}{N!} \quad (D.3)$$

dengan $Z^{\text{tot}}(T)$ adalah partisi total. Fungsi-fungsi termodinamika diselesaikan berdasarkan energi bebas Helmholtz, dihitung :

$$F = E - TS \quad (D.4)$$

atau

$$F = -k_B T \ln Z^{\text{tot}}(T) \quad (D.5)$$

Diselesaikan energi dalam bentuk reaksi Helmholtz :

$$-\frac{E}{T^2} = \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{F}{T} \right)_V \quad (D.6)$$

dengan

$$E = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln Z^{\text{tot}}(T)}{\partial T} \right)_V \quad (D.7)$$

entropi dari persamaan (D.2) menjadi :

$$S = k_B \ln Z^{\text{tot}}(T) + k_B T \left(\frac{\partial \ln Z^{\text{tot}}(T)}{\partial T} \right)_V \quad (D.8)$$

dapat dihitung tekanan melalui diferensial total dari fungsi Helmholtz (D.4) untuk suatu transformasi reversibel :

$$dF = -S dT - P dV$$

$$= \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T dV \quad (D.9)$$

dengan

$$P = - \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T \quad (D.10)$$

dengan memasukkan F(D.5) dalam persamaan (D.10) maka diperoleh persamaan

(D.11) :

$$P = k_B T \left(\frac{\partial \ln Z^{\text{tot}}(T)}{\partial V} \right)_T \quad (D.11)$$

Entalpi melalui definisi :

$$H = E + PV \quad (D.12)$$

atau

$$H = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln Z^{\text{tot}}(T)}{\partial T} \right)_V + k_B T V \left(\frac{\partial \ln Z^{\text{tot}}(T)}{\partial V} \right)_T \quad (D.13)$$

Entalpi bebas dari Gibbs adalah : $G = H - TS$ (D.14)

Dapat ditulis juga seperti :

$$G = k_B T V \left(\frac{\partial \ln Z^{\text{tot}}(T)}{\partial V} \right)_T - k_B T \ln Z^{\text{tot}}(T) \quad (D.15)$$

Perlu dicatat seluruh fungsi termodinamika F(D.5), E(D.7), S(D.8), P(D.11), H(D.13), G(D.15) akhirnya menunjukkan fungsi-fungsi partisi total. Jika untuk jenis partikel yang diperhitungkan dalam suatu plasma dilakukan suatu hipotesa merupakan gas ideal (partikel tanpa interaksi dan tanpa aras-aras energi dalam), fungsi partisi diselesaikan menjadi :

$$Z(T) = \frac{V}{h^3} (2 \pi m k_B T)^{3/2} \quad (D.16)$$

Fungsi partisi total menjadi :

$$Z^{\text{tot}}(T) = \frac{1}{N!} \left[\frac{V}{h^3} (2 \pi m k_B T)^{3/2} \right]^N \quad (D.17)$$

dan berikutnya diperoleh dari persamaan (D.7), (D.11) dan (D.13) :

$$E = \frac{3}{2} N k_B T \quad (D.18)$$

$$P = \frac{N k_B T}{V} \quad (19)$$

$$H = \frac{5}{2} N k_B T \quad (D.20)$$

Entalpi persamaan (D.15) menjadi :

$$G = -N k_B T \ln \left[\frac{Z(T)}{N} \right] \quad (D.21)$$

dengan memasukkan persamaan umum maka diperoleh :

$$\frac{Z(T)}{N} = e^{-\mu_c / k_B T} \quad (D.22)$$

berikutnya diperoleh : $G = N \mu_c \quad (D.23)$

Untuk partikel-partikel murni potensial kimia μ_c menunjukkan bahwa entalpi bebas untuk satu partikel.

Jadi permasalahan yang dibahas di atas baru menunjukkan satu jenis partikel dalam plasma. Suatu plasma yang mengandung campuran antara elektron, ion, dan partikel netral (atom dan molekul) fungsi-fungsi termodinamika global harus diperhitungkan untuk setiap jenis partikel. Permasalahan ini akan lebih rumit jika tumbukan-tumbukan antar partikel terdiri dari 3 tipe tumbukan (elastis, in-elastis dan reaktif). Modifikasi pertama yang harus dilakukan adalah pada derajat kebebasan eksternal, berikutnya derajat internal dan yang terakhir adalah perubahan dari sifat partikel (ionisasi dan disosiasi). Tumbukan-tumbukan reaktif mengubah jumlah partikel N_K . Mekanisme ini akan meningkatkan temperatur dan terjadi penguapan. Pada kesetimbangan, jumlah total partikel plasma dituliskan :

$$N = \sum_K N_K \quad (D.24)$$

Untuk jenis partikel K, energi menjadi (tanpa memperhitungkan mekanisme reaktif) :

$$E_K = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln Z_K^{tot}(T)}{\partial T} \right)_V \quad (D.25)$$

Misal bahwa tumbukan-tumbukan reaktif ionisasi-rekombinasi dimana disosiasi-rekombinasi sekaligus diproduksi, diperoleh :



dengan ΔE adalah energi reaksi dan dapat dituliskan :

$$\Delta E = E_S + \delta E_S \quad (D.27)$$

E_S adalah energi ambang yang diperlukan untuk ionisasi atau untuk disosiasi, δE_S adalah penurunan dari energi ambang dalam kasus ionisasi. Efek ini akibat interaksi Coulombian untuk partikel-partikel bermuatan yang terjadi dalam plasma. Disamping itu untuk energi :

- ionisasi : $\delta E_S \neq 0$, $E_S = E_S^{ion}$

- disosiasi : $\delta E_S = 0$ $E_S = E_S^{dis}$

Tiap partikel (P,Q) yang terbentuk dalam reaksi-reaksi penting dengan energi ΔE dapat dituliskan energi yang diberikan pada setiap partikel K :

$$\mu'_K + \delta\mu'_K = \frac{1}{2} \Delta E \quad (D.28)$$

Karena N_K partikel dihasilkan melalui mekanisme yang telah dituliskan sebelumnya, energi E_K untuk jenis partikel ini menaikkan jumlah $N_K(\mu'_K + \delta\mu'_K)$ atau

$$E_K = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln Z_K^{tot}(T)}{\partial T} \right)_V + N_K (\mu'_K + \delta\mu'_K) \quad (D.29)$$

dapat dituliskan juga $E_K = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln \bar{Z}_K^{tot}(T)}{\partial T} \right)_V \quad (D.30)$

dengan memberikan :

$$\bar{Z}_K^{tot}(T) = Z_K^{tot}(T) e^{-N_K (\mu'_K + \delta\mu'_K) / k_B T} \quad (D.31)$$

perlu dicatat bahwa : $Z_K^{tot}(T) = \frac{Z_K^{N_K}(T)}{N_K!} \quad (D.32)$

Kita peroleh : $\bar{Z}_K^{tot}(T) = \frac{\bar{Z}_K^{N_K}(T)}{N_K!} \quad (D.33)$

dengan $\bar{Z}_K(T) = Z_K(T) e^{-(\mu'_K + \delta\mu'_K) / k_B T} \quad (D.34)$

Dengan memasukkan jumlah partikel N_K diperoleh :

$$N_K = e^{\mu'_K / k_B T} \quad (D.35)$$

atau $N_K = \bar{Z}_K(T) \quad (D.36)$

dengan memberikan $\mu_{c,K} = -(\mu'_K + \delta\mu'_K)$ (D.37)

Potensial kimia disini menunjukkan energi yang dibutuhkan dalam pembentukan suatu jenis partikel K, dan kemudian entropi menjadi :

$$S_K = k_B \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T) + \frac{E_K}{T} \quad (\text{D.38})$$

Entropi total untuk fluida homogen adalah :

$$S = \sum_K S_K \quad (\text{D.39})$$

atau $S = k_B \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T) + \frac{E}{T}$ (D.40)

dengan $E = \sum_K E_K$ (D.41)

$$\bar{Z}^{\text{tot}}(T) = \prod_K \bar{Z}^{\text{tot}}(T) \quad (\text{D.42})$$

Energi bebas Helmholtz menjadi :

$$F = -k_B T \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T) \quad (\text{D.43})$$

Kemudian energi dapat diselesaikan menjadi :

$$E = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T)}{\partial T} \right)_V \quad (\text{D.44})$$

Tekanan dalam persamaan (D.11), (D.13), entalpi bebas (D.15) dapat dituliskan menjadi :

$$P = k_B T \left(\frac{\partial \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T)}{\partial V} \right)_T \quad (\text{D.45})$$

$$H = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T)}{\partial T} \right)_V + k_B T V \left(\frac{\partial \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T)}{\partial V} \right)_T \quad (\text{D.46})$$

$$G = k_B T V \left(\frac{\partial \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T)}{\partial V} \right)_T - k_B T \ln \bar{Z}^{\text{tot}}(T) \quad (\text{D.47})$$

Fungsi-fungsi termodinamika global terbentuk berawal dari fungsi-fungsi partisi total. Dengan memasukkan persamaan (42), (34), (35), dan

$$Z(T) = \frac{V}{h^3} (2\pi m k_B T)^{3/2} Z^{\text{int}}(T)$$

maka dapat dituliskan secara eksplisit :

$$\bar{Z}^{\text{tot}}(T) = \prod_K \frac{1}{N_K!} \left[\frac{V}{h^3} (2\pi m_K k_B T)^{3/2} Z_K^{\text{int}}(T) e^{-(\mu'_K + \delta\mu'_K)/k_B T} \right]^{N_K} \quad (\text{D.48})$$

diperoleh secara khusus untuk energi dan tekanan :

$$E = \sum_K N_K \left[\frac{3}{2} k_B T + \mu'_K + \delta\mu'_K + k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln Z_K^{\text{int}}(T)}{\partial T} \right)_V \right] \quad (\text{D.49})$$

$$P = \sum_K \frac{N_K k_B T}{V} - \sum_K N_K \left[\frac{\partial \ln Z_K^{\text{int}}(T)}{\partial V} \right]_T \quad (\text{D.50})$$

Perlu dicatat bahwa tekanan di dalam plasma merupakan tekanan dalam gas ideal setelah melalui koreksi karena hasil interaksi ($\delta\mu'_K$) antar partikel. Koreksi ini dihitung dengan mengandaikan μ'_K tidak tergantung pada volume

$$\Delta P = \sum_K N_K \left(\frac{\partial (\mu'_K)}{\partial V} \right)_T \quad (\text{D.51})$$

Diselesaikan ΔP melalui penyelesaian :

$$\delta\mu'_K = \frac{1}{2} \delta E_S \quad (\text{D.52})$$

Mekanisme dissosiasi ($\delta E_S = 0$) tidak tergantung pada variasi dari tekanan. Dalam kasus ionisasi ($\delta E_S \neq 0$). Jadi δE_S berpengaruh pada tekanan :

$$\delta E_S = \frac{-q^2}{4\pi\epsilon_0 r_{ie}} \quad (\text{D.53})$$

dengan r_{ie} adalah jarak elektron-ion. Untuk jarak r_{ie} kurang dari panjang Debye, λ_D , interaksi sangat efektif, jika r_{ie} lebih dari λ_D maka interaksi dapat diabaikan. Akhirnya dengan memperhitungkan kondisi fisik, dapat dihitung faktor koreksi rata-rata $\delta\mu'_K$ dengan mengandaikan untuk pendekatan pertama :

$$r_{ie} \approx \lambda_D \quad (\text{D.54})$$

Panjang gelombang Debye disini diandaikan seperti jarak rata-rata antar partikel dan dapat dituliskan :

$$\lambda_D^3 = \frac{1}{n} \quad (\text{D.55})$$

dengan \bar{n} adalah densitas rata-rata seluruh partikel-partikel bermuatan sedemikian rupa sehingga dengan memasukkan persamaan (D.52) ke persamaan (D.54) diperoleh :

$$\delta\mu'_k = \frac{-q^2}{8\pi\epsilon_0} \bar{n}^{-1/3} \quad (D.56)$$

Berikutnya persamaan ini dimasukkan ke koreksi tekanan dan kemudian diperoleh

$$\Delta P = \frac{-Nq^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{\partial \bar{n}^{-1/3}}{\partial V} \right)_T \quad (D.57)$$

Dengan menuliskan \bar{n} sebagai fungsi jumlah total partikel N dan volume V

diperoleh :

$$\Delta P = \frac{\bar{n}q^2}{24\pi\epsilon_0} \frac{1}{\lambda_D} \quad (D.58)$$

dengan memasukkan definisi panjang gelombang Debye :

$$\lambda_D^2 = \frac{\epsilon_0 k_B T}{nq^2} \quad (D.59)$$

akhirnya diperoleh koreksi tekanan :

$$\Delta P = \frac{k_B T}{24\pi\lambda_D^3} \quad (D.60)$$

Dengan memasukkan persamaan (D.50) ke persamaan (D.60) maka diperoleh :

$$P \approx \bar{n} k_B T - \frac{k_B T}{24\pi\lambda_D^3} \quad (D.61)$$

LAMPIRAN E
PERHITUNGAN TEMPERATUR



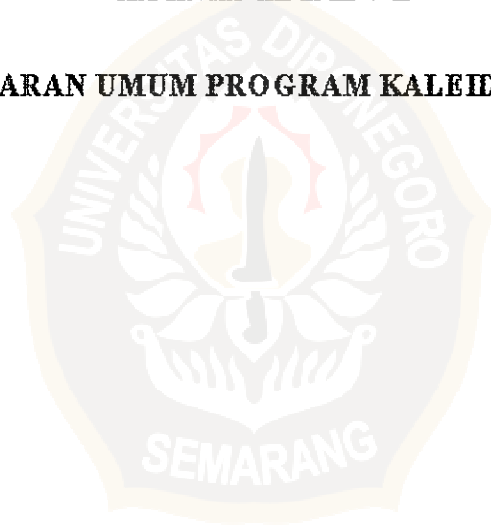
Tabel E : Hasil perhitungan temperatur Van der Waals dan penentuan densitas dengan menggunakan pelebaran Argon panjang gelombang 696,5 nm

No.	P (MPa)	$\Delta\lambda_{6p}$ (nm)	T_p (K)	N ($\times 10^{20}$) (cm^{-3})
1.	1,4138	0,2771	370,9872	2,76048
2.	1,8850	0,3666	430,0355	3,17501
3.	1,8850	0,3883	417,8466	3,26771
4.	2,8275	0,4419	587,5297	3,48532
5.	2,8275	0,4948	555,2352	3,6878
6.	4,1470	0,6712	699,1933	4,29601
7.	5,2780	0,6815	883,1320	4,32879
8.	6,5975	0,8144	1009,8333	4,73191
9.	6,8237	0,8348	1031,6156	4,79091
10.	6,8237	0,8857	1001,5342	4,94189
11.	7,3515	0,8857	1079,0009	4,93454
12.	7,3515	0,9466	1043,7149	5,1014
13.	8,2940	1,0883	1098,1936	5,47038
14.	8,2940	1,1136	1085,6469	5,5335
15.	9,4250	0,9466	1338,0961	5,10175
16.	9,4250	1,1085	1236,5244	5,52094
17.	9,4250	1,1136	1233,6897	5,5335



LAMPIRAN F

GAMBARAN UMUM PROGRAM KALEIDAGRAPH



Program KaleidaGraph yang digunakan dalam penulisan penelitian ini dipakai untuk mengolah data sekunder. Program ini dapat digunakan untuk analisa data dan presentasi grafik dalam dunia bisnis, ilmu pengetahuan dan teknik.

Data yang diperoleh dari penelitian dimasukkan ke dalam menu data. Kemudian data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik melalui menu *gallery*. Dalam *gallery menu* ini data-data tersebut dapat ditampilkan dalam berbagai macam bentuk grafik.

Data-data yang sudah dalam bentuk grafik ini kemudian dinormalisir melalui *formula entry menu*. Dengan memasukkan rumus yang akan dinormalisir ke dalam *formula entry menu* ini maka akan diperoleh bentuk grafik yang diinginkan. Bentuk grafik yang sudah dinormalisir datanya ini kemudian dimasukkan ke *gallery menu* untuk memplotkan kembali datanya.

Setelah grafik yang ingin ditampilkan sudah selesai maka rumus utama yang hendak dicari nilai pelebarannya dapat dimasukkan ke dalam menu *general curve fit*. Kemudian dipilih tampilan *edit general* untuk menulis rumus yang ingin ditampilkan. Dalam program KaleidaGraph ini persamaan (2.51) berubah bentuk menjadi :

$$m4 + \left((1 - m1/m2) \cdot \exp(-2.772 \cdot ((m0 - m3)/m2)^2) + (m1/m2) \cdot 1 / (1 + 4 \cdot ((m0 - m3)/m2)^2) + 0.016 \cdot (1 - m1/m2) \cdot (m1/m2) \cdot \exp(-0.4 \cdot (\text{abs}(m0 - m3)/m2)^{2.25}) - 10 / (10 + (\text{abs}(m0 - m3)/m2)^{2.25}) \right); m1 = 0.8; m2 = 1.0; m3 = 0.1; m4 = 0.01$$

dengan $m0 = \lambda$, $m1 = W_L$, $m2 = W_V$, $m3 = \lambda_0$ dan $m4 =$ intensitas spektrum yang ternormalisasi.