bidang
TEKNIK

PENGARUH MATRIKS DAN POROSITAS BATUAN KARBONAT FORMASI PARIGI, PALIMANAN – CIREBON

JOHN ADLER

Teknik Komputer
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Batuan reservoar gamping dikenal juga sebagai batuan karbonat adalah salah satu kelas batuan sedimen yang mineral pembentuknya (sebesar 95% atau lebih) adalah calcite ($CaCO_3$, kalsium karbonat), dolomite ($CaMg(CO_3)_2$) dan aragonite. Batuan karbonat ini menjadi sangat penting karena lebih dari 50% reservoar minyak dan gas adalah reservoar karbonat. Namun tantangannya adalah ketidakteraturan dan kompleksitas struktur geometri pori karbonat dan frame (rangka) yang bisa teralterasi (berubahnya komposisi mineral batuan dan komposisi kimianya). Besaran-besaran fisis batuan karbonat terutama permeabilitas sangat bergantung pada struktur pori dan matriksnya, sedangkan porositas dalam karbonat sangat bergantung pada proses deposisi dan proses diagenetis yang dapat berupa pengisian pori dengan semen karbonat dan pelarutan batuan matriks.

Pada penelitian ini batuan karbonat akan dikarakterisasi dengan menganalisa mikrostruktur (struktur mikro) dengan metoda SEM (Scanning Electron Microscope) *skala mikrometer sampai nanometer, dan metoda Thin Slice (sayatan tipis) skala millimeter untuk mendapatkan gambaran visual struktur pori dan persentase kandungan mineral-mineral dalam batuan dengan uji petrografi. .*

Tujuannya adalah melihat dan menganalisis pola teratur diantara pola ketidak teraturan bentuk pori, ingin melihat keadaan pori, struktur makro, mikro sampai nano. Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menjadi model prosedur standar untuk kajian sejenis. Batuan yang memiliki sifat seperti ini banyak dijumpai di Indonesia, dan yang akan jadi objek penelitian ada di berkategori batuan jenis reef dan porositas vuggy yaitu daerah Palimanan-Cirebon dengan formasi Parigi.

Kata kunci : Batuan karbonat, SEM (Scanning Electron Microscope), Thin Slice, dan Petrografi

PENDAHULUAN

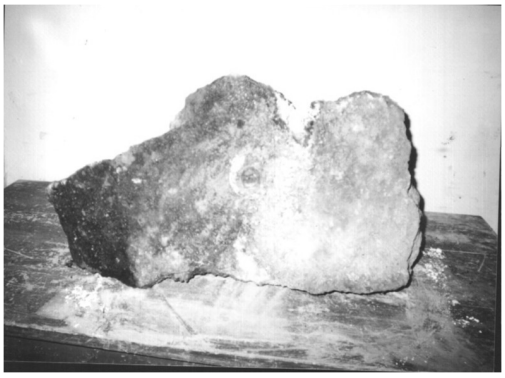
Batuan karbonat merupakan salah satu batuan utama untuk bahan hidrokarbon (minyak dan gas) dan berpeluang sangat besar menjadi reservoar hidrokarbon, jika porositasnya tinggi. Reservoar itu sendiri adalah suatu sub-permukaan batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup untuk menyimpan atau mengalirkan fluida (minyak dan gas). Reservoar-reservoar ukuran raksasa berada pada batuan karbonat seperti di Timur Tengah dan di Indonesia (Cepu-Banyu Urip). Batuan reservoar gamping ini sangat berlimpah di Indonesia dibandingkan dengan reservoar klastik (silisiklastik) karena batuan ini tumbuh subur pada daerah tropis, dan laut

dangkal yang dapat ditembus sinar matahari. Lebih dari 50 % cadangan minyak di dunia ditandai dengan keberadaan reservoar karbonat.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel (Palimanan-Cirebon)

Batuan ini terbentuk dari sisa-sisa jasad renik binatang dan tumbuhan (shellfish dan algae). Sedangkan kalsium karbonat (mineral kalsit, CaCO3) sebagai bagian inti dari batuan karbonat dapat dengan mudah terlarutkan oleh air, sehingga sangat mungkin terjadi pelarutan dan proses kristalisasi kembali (recrystallization) setelah batuan ini terbentuk. Pelarutan ini mengakibatkan terbentuknya kavitasi sehingga dapat menyimpan minyak dalam jumlah yang banyak.



Gambar 2. Bongkahan Batuan Karbonat (Palimanan-Cirebon)

Selain itu, karena sifat batuan karbonat yang lebih rentan terhadap patahan dan pelipatan, dibandingkan dengan sandstone, maka akan memungkinkan terbentuknya rekahan (fractures) sebagai jalan untuk mengalirkan fluida reservoar (minyak, gas, dan air) (Aprilian, 2001). Batuan karbonat mengandung beberapa tekstur, struktur, dan fosil yang berbeda-beda. Oleh karenanya, karakter karbonat di tiap daerah akan berbeda dengan daerah lainnya.

Pertimbangan memanfaatkan batuan reservoar karbonat ini karena :

1. Memiliki banyak pori-pori atau rongga dimana hidrokarbon terpelihara di dalamnya jika dibandingkan dengan batuan igneous dan metamorphic.
2. Indonesia kaya akan reservoar karbonat.
3. Memegang peranan penting dalam memproduksi gas dan minyak.
4. Menjadi kunci sejarah bumi karena seringkali memperlihatkan semua jenis informasi sesuai dengan formasi lingkungan endapan.
5. Lebih dari 50 % cadangan minyak di dunia ditandai dengan keberadaan reservoar karbonat.
6. Memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan semen, batuan reservoar minyak dan petunjuk endapan bijih timah.
7. Merupakan batuan reservoar alami yang paling banyak diteliti di alam, dan cukup kuat untuk menahan berbagai macam tekanan tinggi yang dapat digunakan untuk pengukuran berulang-ulang.
8. Berdasarkan kejadian eksplorasi minyak bumi di daerah Donggala, Sulawesi Selatan dan sekitar pulau Madura yang diprediksi banyak memiliki sumber minyak bumi yang melimpah ruah, ternyata hanya menghasilkan sedikit minyak bumi. Para ahli terkecoh oleh karakteristik

batuan karbonat tempat emas hitam itu berada. Yang tentu saja sangat merugikan dalam hal biaya, tenaga, dan lain-lain.

Jadi pemahaman karakteristik batuan karbonat mutlak diperlukan.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian, diantaranya :

1. Dengan metoda thin slice, berupa uji petrografi yang akan memberikan data yang lebih detil, akan diberikan informasi mengenai jaringan pori, tekstur batuan, komposisi kimia, komposisi mineral (%) dari batuan reservoar gamping berupa : butiran (bioklastik, intraklastik, oolit, atau pellet), matriks (lumpur karbonat), semen (orthosparit. atau oksida besi), neomorfisme (mikrosparit), dan keporian (vug) yang kesemuanya dilakukan di Laboratotrum Pusat Survey Geologi).
2. Dengan bantuan software Matlab, kita akan mengidentifikasi pola warna atau tekstur batuan (warna merah, putih dan biru) dari thin slice yang telah ditaburi zat Alizarin Red S dan Bluedye.

TEORI

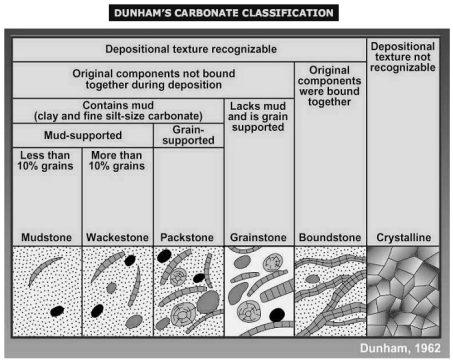
Klasifikasi Dunham (1962)

Dunham mengklasifikasikan batuan karbonat berdasarkan tekstur pengendapan (yaitu derajat perubahan teksturnya, komponen asli terikat atau tidak terikat selama proses pengendapan, tingkat kelimpahan antara butiran dan lumpur karbonat) yaitu : mudstone, wackestone, packstone, grainstone, dan boundstone . Sedangkan batu gamping yang tidak menunjukkan tekstur pengendapan disebut crystalline carbonate.

Klasifikasi ini sering dipakai pada perusahaan perminyakan, karena :

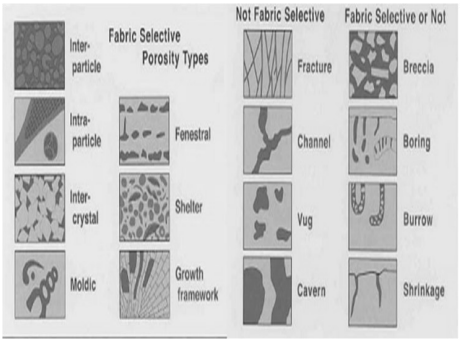
1. Mudah diterapkan
2. Akurat dalam mengkomunikasikan data tekstur
3. Mempunyai makna genetis

Gambar 3. Klasifikasi batu gamping menurut Dunham (1962)



Batas ukuran butir yang digunakan Dunham untuk membedakan antara butiran dan lumpur karbonat adalah 20 micron (lanau kasar). Klasifikasi batu gamping yang didasarkan pada tekstur pengendapan dapat dihubungkan dengan fasies terumbu dan tingkat energi yang bekerja sehingga dapat menginterpretasikan lingkungan pengendapan.

Klasifikasi Choquette dan Pray (1970)

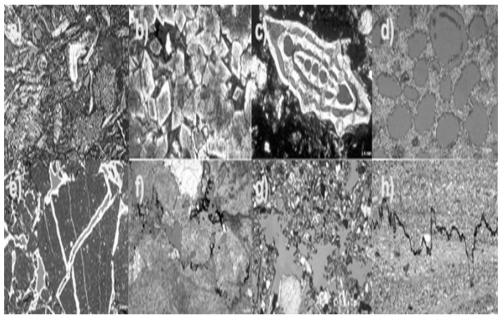


Gambar 4. Klasifikasi Porositas menurut Choquette dan Pray (1970)

Choquette dan Pray, (1970), telah memperkenalkan klasifikasi porositas dalam batuan karbonat yang didasarkan pada konsep penyeleksian kemasan (fabric), dengan tujuan sebagai panduan jenis-jenis pengamatan yang dibutuhkan untuk memahami asal-usul dan modifikasi dari porositas. Klasifikasi digambarkan pada skala core tapi juga diadaptasi terhadap skala mikroskopik dan skala lapangan.

Dari 15 jenis porositas pada gambar 4 di atas, hanya delapan jenis yang umum diamati, diantaranya (a).interpartikel, (b).interkristal, (c).Intrapartikel, (d).Moldik, (e).fracture (retakan), (f).channel, (g).porositas vuggy (gerowongan), dan (h).stylolit. Masing-masing jenis pori dibedakan secara fisis atau genetis dan didefinisikan oleh ukuran pori, bentuk pori, genesis, dan kemasan (fabric).

Beberapa contoh thin slice di atas sesuai dengan klasifikasi sistem pori dalam batuan karbonat menurut Choquette dan Pray (1970) yang diteliti oleh Scholle dan Ulmer-Scholle (2003).

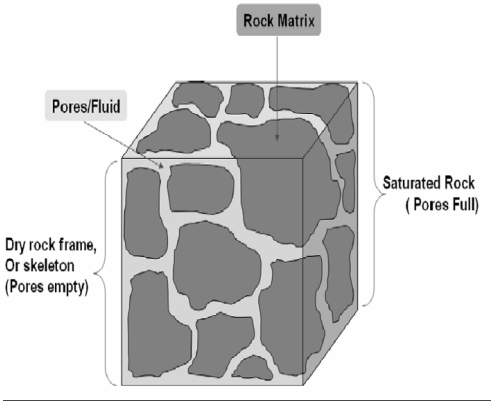


Gambar 5. Sayatan Tipis yang umum diteliti

Bagian-bagian batuan

Batuan karbonat terbentuk dari :

A. Matriks batuan
B. Pori yang diisi beberapa fluida berupa air, gas, atau minyak



Gambar 6. kubus batuan berpori

HASIL DAN ANALISIS

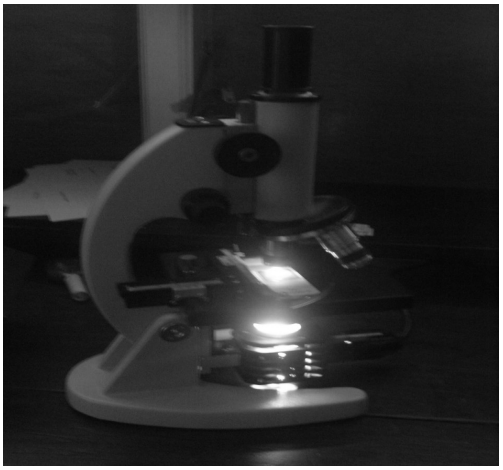
Thin Slice (sayatan tipis)

Dari bongkahan batuan pada gambar 2, batuan dipotong-potong kecil-kecil, kemudian disayat tipis-tipis, dan ditempelkan pada kaca preparat serta disemprotkan zat kimia Alizarin Red S (yang memberikan pewarnaan merah bagi mineral kalsit) dan Bluedye (warna biru untuk pori-pori atau porositas) seperti gambar 7 di bawah.



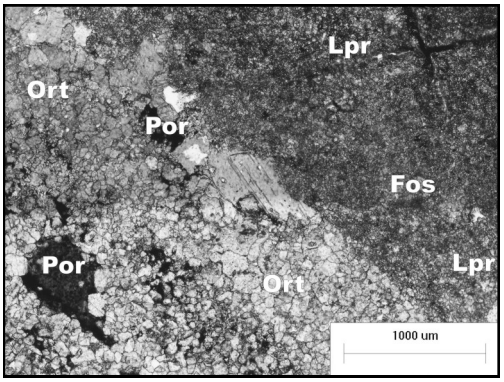
Gambar 7. Sayatan Tipis dengan Alizarin Red S dan Bluedye

Dari sampel preparat ini diamati di bawah mikroskop seperti gambar 8 di bawah.



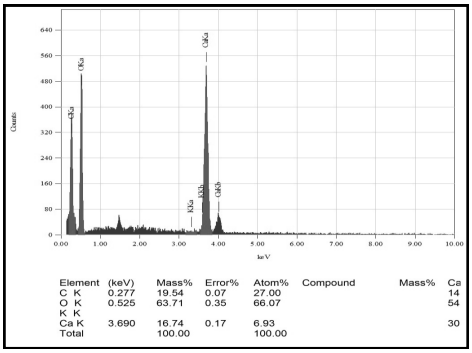
Gambar 8. Mikroskop Elektron

Dengan menggunakan mikroskop ini kita dapat melihat perbesaran gambar seperti gambar 9 di bawah.



Gambar 9. Hasil thin slice yang telah diamati dengan bantuan mikroskop

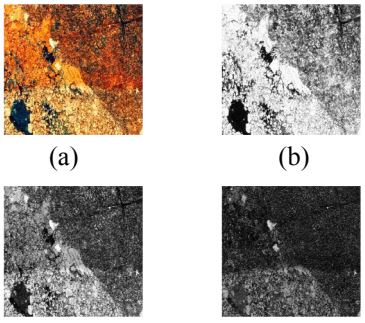
Dari gambar di atas terlihat komponen-komponen batuan seperti Lpr (matriks batuan berupa Lumpur karbonat), Ort (semen berupa Orthosparit), Fos (butiran-butiran berupa fosil), dan Por (porositas berupa rongga retakan).



Gambar 10. Komposisi mineral yang terkan dung dalam batuan karbonat

Dari gambar di atas terlihat puncak tertinggi kurva berwarna hijau didominasi 3 buah atom yaitu atom Ca, O dan C yang bisa dikategorikan sebagai mineral calcite ($CaCO_3$, kalsium karbonat). Jadi mineral ini lebih dominan daripada mineral pembentuk batuan karbonat yang lainnya yaitu dolomite dan aragonite.

Metoda RGB (Red Green Blue) Matlab



Gambar 11. Hasil program matlab

pengenalan pola citra warna merah, biru, dan putih dengan metoda RGB pada matlab. Warna merah untuk mineral kalsit, putih untuk mineral dolomite, dan biru untuk pori-pori batuan (porositas).

Pada gambar 11 di atas, (a) Citra asli dengan variasi warna yang banyak, (b) kanal merah, (c) kanal hijau, dan (d) kanal biru.

Dapat dilihat warna citra asli yang tadinya bervariasi, kemudian dengan menggunakan metoda ini, kanal merah, hijau, dan biru (RGB) nya dipisah sehingga menghasilkan citra baru yang berintensitas atau memiliki gray level. Lihat gambar 11.b, disitu tampak warna putih mendominasi pada bagian atas citra, dikarenakan intensitas dari Matriks bagian Kanal Merah sangat tinggi pada citra asli, sedangkan pada Citra 11.c dan 11.d tampak hitam mendominasi pada bagian atas citra karena intensitas dari Kanal Hijau dan Biru sangat rendah pada Citra Asli. Begitu pula pada citra berlabel 'Kanal Hijau' warna putih mendominasi pada bagian tengah citra dan citra berlabel 'Kanal Biru' warna putih mendominasi pada bagian kiri citra.

KESIMPULAN

1. Nama batuan gamping adalah wackestone dimana butir batuan didukung oleh lumpur karbonat berupa Mikrosparit 52,67%; pseudosparite 3%, dolomit 1,67%; oksida besi 2,33%; dan lempung authigenik 1% (total neomorfism 60,67%),
2. Foraminifera bentonik 6%, foraminifera planktonik 0,67%; moluska 4,67%, ganggang merah 2,67%; fosil lain 5%, pelet 0,33%; dan intraklastik 3,33% (total butiran 22,67%),
3. Lumpur karbonat 20,67% (matriks)
4. Orthosparit 10,67% (semen)
5. Retakan 0,33%, dan dalam partikel 0,67% (total porositas 1%)
6. Dengan Matlab telah berhasil mengenali pola citra warna merah, putih, dan Biru dengan presentase keberhasilan 95%

REFERENSI

Aprilian, S. S., 2001, *Implementasi Reservoir Management untuk Reservoir Karbonat : Studi kasus Lapangan Sopa*, Pertamina OEP Prabumulih.

Scholle, P., dan Ulmer-Scholle, D., 2006, *Colour Guide to Petrography of Carbonate Rocks : AAPG Memoir,* 77, pp 474

Adler, John., 2009, *Microstructure Analyze of Carbonate Reservoir Rock at Parigi Formation (Area Palimanan-Cirebon),* The 3rd Asian Physics Symposium (APS 2009), ITB

Brahmantyo, B., Puradimaja, D. J., dan Bandono, (2004), *Karakterisasi Sifat Kimiawi dan Fisik Batugamping Packstone terhadap Proses Karstifikasi di Kawasan Karst Karangbolong, Jawa Tengah* , Buletin Geologi, ITB

Crumb, R. E., (1989), *Petrophysical Properties of the Bima Batu Raja Carbonate Reservoir Offshore N. W. Java* , Proceeding Indonesian Petroleum Association, 18th Annual Convention

Baechle, G. T., Colpaert, A., Eberli, G. P., dan Weger, R. J., (2008), *Effects of microporosity on sonic velocity in carbonate rocks,* Leading Edge (Tulsa, OK) 27 (8), pp. 1012-1018

Cantrell, D. L., dan Hagerty, R. M., (1999), *Microporosity in Arab Formation Carbonates, Saudi Arabia*, GeoArabia, Volume 4, Issue 2, 1999, Pages 129-154

Sapiie, B., Anshory, R., Susilo, S., dan Putri, 2007, *Relationship between Fracture Distribution and Carbonate Facies in the Rajamandala Limestone of West Java Region*, Proceeding Indonesian Petroleum Association, Bandung.

Suarga, 2007, *Fisika Komputasi : Solusi problema Fisika dengan Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Mavko, G., Mukerji, T., dan Dvorkin, J., 1999, *The Rock Physics Handbook : Tools for Seismic Analysis in Porous Media*, Cambridge University,168-235

Tabel Hasil Uji Petrografi Batuan Karbonat
(*Carbonate Rock Petrography Analysis Result*)

Kodesampel (*sampl code*)	:	Batugamping	Tanggal diterima (*received date*)	:	19 Mei 2010
Kode lab. (*lab. code*)	:	263/1.1/10/1164	Tanggal diuji (*analyzed date*)	:	26 Mei 2010
Lokasi (*location*)	:	Palimanan, Cirebon	Klasifikasi (*classification*)	:	Dunham, 1962
Kedalaman (*depth*)	:	-	Metode uji (*method*)	:	GL-MU-1.1 bagian (*part*) 3.1.7
Pemilik (*property*)	:	Bapak John-ITB	Preparator (*preparator*)	:	Undang S., dan Deni S.
			Petrografer (*petrographer*)	:	Ir.Sigit Maryanto, Msi

Nama batuan (*rock name*)	***: Batugamping Wackstone***	Nomer foto (*plate number*)	: 01 a dan b

Warna (*colour*)	: Bening kecoklatan dengan bercak hitam
Struktur (*structure*)	: Pejal
Tekstur (*texture*)	: Bioklastika fragmental
Pemilahan (*sorting*)	: Buruk
Kemas (*fabric*)	: Terbuka dan terdukung lumpur
Ukuran butir (*grain size*)	: 0,04 – 6,60 mm, rata-rata (*average*) : 0,60 mm
Kebundaran (*roundness*)	: Meruncing tanggung
Hubungan butir (*grain contact*)	: Mengambang

Butiran (*grain*)	Cnt	%	Semen (*cement*)	Cnt	%
Foraminifera bentonik	18	6,00	Orthosparit	32	10,6
Foraminifera planktonik	2	0,67	Neomorfisme (*neomorphism*)	Cnt	%
Moluska	14	4,67			
Ganggang merah	7	2,67	Mikrosparit	158	52,6
Fosil lain	15	5,00	Pseudosparit	9	7
Intraklastika	10	3,33	Dolomit	5	3,00
Oolit	-	-	Oksida besi	7	1,67
Pelet	1	0,33	Lempung authigenik	3	2,33
					1,00
Matriks (matrix)	Cnt	%	Keporian (*porosity*)	Cnt	%
Lumpur karbonat	62	20,67	Retakan	1	0,33
			Dalam partikel	2	0,67

Pemerian (*description*):
Batugamping bioklastika dengan konponen butiran karbonat sangat dikuasai oleh berbagai fosil yang ukurannya beragam, sangat jarang intraklastika dan pelet.
Komponen batuan yang terbesar adalah matriks lumpur karbonat yang tinggal sisanya karena telah terganti menjadi mikrosparit yang cukup banyak.
Orthosparit tampak mengisi kekar dan rongga dalam fosil, sedangkan pseudosparit mengganti total fosil.
Selain itu, orthosparit yang mengisi kekar tampak berasosiasi dengan dolomit dan oksida besi.

Mikrofasies (*microfacies*):
Diperkirakan merupakan endapan di cekungan lokal belakang terumbu.

Ciri diagenesis (*diagenetic character*):
Dominan penggantian (neoformisme), retakan, penyemenan, pendolomitan, pembentukan mineral authigenik.

Sistem keporian (*pore system*):
Sangat buruk dari tipe retakan dan sisa dalam partikel.

List Program Metoda RGB

```
% Klasifikasi warna merah, putih, dan biru pada thin slice sampel batuan karbonat
% menggunakan backpropagation's classifier dengan vektor fitur:
% Ciri Orde Dua
% by John dan Kisco

% Baca citra Batu gamping
citra = imread('batu gamping.jpg');

% Melakukan 20x cropping, 15x untuk daerah air, 5x untuk yg bkn air

Merah= [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0];
Putih=[0 0 0 0 0 0  1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0];
bkn_MerahPutih= [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1];
klas = double([merah; putih; bkn_MerahPutih);

for k=1:20
   template = imcrop(citra);
   template = template(:,:,1);
   %template = template(1:9,1:9);   %ukuran template 9x9
   mk000=ko000(template);
   mk045=ko045(template);
   mk090=ko090(template);
   mk135=ko135(template);
   MatKook=(mk000+mk045+mk090+mk135)/4;

   I=[1:256];
   SumX=sum(MatKook);  SumY=sum(MatKook');
   MeanX=SumX*I';      MeanY=SumY*I';
   StdX=sqrt((I-MeanX).^2*SumX');
   StdY=sqrt((I-MeanY).^2*SumY');
   CiriASM(k)=sum(sum(MatKook.^2));
   CiriCON(k)=0;CiriCOR(k)=0;CiriVAR(k)=0;CiriIDM(k)=0;CiriENT(k)=0;

for i=1:256
   for j=1:256
      TempCON =  (i-j)*(i-j)*MatKook(i,j);
      TempCOR =  (i)*(j)*MatKook(i,j);
      TempVAR =  (i-MeanX)*(j-MeanY)*MatKook(i,j);
      TempIDM =  (MatKook(i,j))/(1+(i-j)*(i-j));
      TempENT = -(MatKook(i,j))*(log2(MatKook(i,j)+eps));
      CiriCON(k) =  CiriCON(k) + TempCON;
      CiriCOR(k) =  CiriCOR(k) + TempCOR;
      CiriVAR(k) =  CiriVAR(k) + TempVAR;
      CiriIDM(k) =  CiriIDM(k) + TempIDM;
      CiriENT(k) =  CiriENT(k) + TempENT;
   end
 end
CiriCOR(k)=(CiriCOR(k)-MeanX*MeanY)/(StdX*StdY);
End
```

```
Fitur = [CiriASM; CiriCON; CiriCOR; CiriVAR; CiriIDM; CiriENT ];

net = newff(Fitur,klas,6); % Create a new feed forward network
net.layers{1}.transferFcn = 'tansig';
net.layers{2}.transferFcn = 'purelin';
net.trainParam.goal = 1e-10;
[net,tr] = train(net,Fitur,klas); % training

testInputs = Fitur(:,:);
testTargets = klas(:,:);

out = sim(net,testInputs);       % Get response from trained network

[y_out,I_out] = max(out);
[y_t,I_t] = max(testTargets);

diff = [I_t - 2*I_out];

b_b = length(find(diff==-2));    % bkn_merahPutih classified as Biru
b_a = length(find(diff==-3));    % bkn_merahPutih classified as Merah
a_a = length(find(diff==-1));    % merah classified as Merah
a_b = length(find(diff==0));     % putih classified as Putih

N = size(testInputs,2);          % Number of testing samples
fprintf('Total testing samples: %d\n', N);
cm = [b_b b_a; a_b a_a]          % classification matrix

% Lakukan klasifikasi pada citra

% Zero-padding matriks c
tx = 3 ; ty = 3;    % Matriks 9x9 akan menyapu ke semua daerah pd citra
citra2 = imcrop(citra);
citra2 = citra2(:,:,1);
zc = padarray(citra2,[tx-1 ty-1]);
[zcx,zcy] = size(zc);

for n=0:zcx-tx
   for m=0:zcy-ty
      for k=1:tx
         for l=1:ty
            p(k,l) = zc(k+n,l+m);
         end
      end
      pt = p;
      mk000=ko000(pt);
      mk045=ko045(pt);
      mk090=ko090(pt);
      mk135=ko135(pt);
      MatKook=(mk000+mk045+mk090+mk135)/4;
```

```
        I=[1:256];
        SumX=sum(MatKook);  SumY=sum(MatKook');
        MeanX=SumX*I';      MeanY=SumY*I';
        StdX=sqrt((I-MeanX).^2*SumX');
        StdY=sqrt((I-MeanY).^2*SumY');
        CiriASM=sum(sum(MatKook.^2));
        CiriCON=0;CiriCOR=0;CiriVAR=0;CiriIDM=0;CiriENT=0;

for i=1:256
   for j=1:256
      TempCON =  (i-j)*(i-j)*MatKook(i,j);
      TempCOR =  (i)*(j)*MatKook(i,j);
      TempVAR =  (i-MeanX)*(j-MeanY)*MatKook(i,j);
      TempIDM =  (MatKook(i,j))/(1+(i-j)*(i-j));
      TempENT = -(MatKook(i,j))*(log2(MatKook(i,j)+eps));
      CiriCON =  CiriCON + TempCON;
      CiriCOR =  CiriCOR + TempCOR;
      CiriVAR =  CiriVAR + TempVAR;
      CiriIDM =  CiriIDM + TempIDM;
      CiriENT =  CiriENT + TempENT;
   end
end
      CiriCOR=(CiriCOR-MeanX*MeanY)/(StdX*StdY);
      Fitur2 = [CiriASM; CiriCON; CiriCOR; CiriVAR; CiriIDM; CiriENT ];
      testInputs = Fitur2(:,1);
      out = sim(net,testInputs);
      E(n+1,m+1) = out(2,1);
      m
   end
   n
end
figure, imagesc(E), colorbar, colormap(gray), title 'E blm dinormalisasi'

% Normalisasi nilai matriks E
% menjadi rentang 0 - 1

E_norm = E;
[Ex,Ey] = size(E_norm);
min_E_norm = min(min(E_norm));
max_E_norm = max(max(E_norm));

for k=1:Ex
   for l=1:Ey
      E_norm(k,l) = (E_norm(k,l) - min_E_norm) / max_E_norm - min_E_norm;
   end
end
figure, imagesc(E_norm), colorbar, colormap(gray), title 'E sudah dinormalisasi'
```