PENERAPAN METODE *BOX COUNTING* UNTUK MENGHITUNG DIMENSI FRAKTAL DARI PROSES PIROGRAFI

SKRIPSI

OLEH
MOH MASBUHIN SULAIMAN
NIM. 15610118

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

PENERAPAN METODE *BOX COUNTING* UNTUK MENGHITUNG DIMENSI FRAKTAL DARI PROSES PIROGRAFI

SKRIPSI

Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Oleh
Moh Mabuhin Sulaiman
NIM. 15610118

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

PENERAPAN METODE *BOX COUNTING* UNTUK MENGHITUNG DIMENSI FRAKTAL DARI PROSES PIROGRAFI

SKRIPSI

Oleh
Moh Masbuhin Sulaiman
NIM. 15610118

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 17 Desember 2020

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Muhammad Khudzaifah, M.Si	Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd
NIDT. 19900511 20160801 1 057	NIP 19630502 198703 1 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

PENERAPAN METODE *BOX COUNTING* UNTUK MENGHITUNG DIMENSI FRAKTAL DARI PROSES PIROGRAFI

SKRIPSI

Oleh
Moh Masbuhin Sulaiman
NIM. 15610118

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 17 Desember 2020

Penguji Utama	: Mohammad Nafie Jauhari, M.Si	………………..
Ketua Penguji	: Dewi Ismiarti, M.Si	………………..
Sekretaris Penguji	: Muhammad Khudzaifah, M.Si	………………..
Anggota Penguji	: Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd	………………..

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Moh Masbuhin Sulaiman

NIM : 15610118

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul skripsi : Penerapan Metode *Box Counting* untuk Menghitung Dimensi Fraktal dari Proses Pirografi.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 17 Desember 2020
Yang membuat pernyataan

METERAI TEMPEL
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Moh Masbuhin Sulaiman
NIM. 15610118

MOTO

‘‘Sesungguhnya Allah Tidak Akan Merubah Suatu Kaum Sehingga Mereka Merubah Keadaan Yang Ada Pada Diri Mereka Sendiri’’

QS. ar-Ra’d ayat 11

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahi Robbil‘alamin, dengan mengucap syukur kepada Allah Swt. Penulis mempersembahkan skripsi ini untuk kedua orang tua, Bapak Sulaiman Fadli, dan Ibu Siti Aisyah yang selalu memberikan doa, dukungan, dan lain sebagainya yang mungkin tidak bisa penulis balas dengan apapun, serta teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan motivasi kepada penulis.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt atas rahmat, taufik, serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari beberapa pihak. Untuk itu ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan terutama kepada:

1. Prof. Dr. H. Abd. Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Maulana Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si, selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Muhammad Khudzaifah, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, nasihat, motivasi dan berbagi pengalaman yang berharga bagi penulis.
5. Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak arahan dan berbagi ilmunya kepada penulis.

6. Seluruh dosen Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang khususnya para dosen di Jurusan Matematika yang telah memberi banyak pengalaman dan ilmu kepada penulis.
7. Bapak dan ibu serta saudara-saudara tercinta yang selalu memberikan do'a, semangat, dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.
8. Seluruh teman – teman di Jurusan Matematika angkatan 2015 (LATTICE), khususnya Matematika C, teman – teman santri PP Nurul Islam dan terutama sahabat-sahabati "Ahlul Qohwah" Angkatan SIMPATI terima kasih atas segala pengalaman berharga dan kenangan yang terukir rapi dan abadi.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini baik moril maupun materiil.

Semoga Allah Swt melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Akhirnya penulis berharap semoga dengan rahmat dan izin-Nya semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca. *Aamiin.*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 17 Desember 2020

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

ABSTRAK

Sulaiman, Moh Masbuhin. 2020. **Penerapan Metode *Box Counting* untuk Menghitung Dimensi Fraktal dari Proses Pirografi.** Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Muhammad Khudzaifah, M.Si. (II). Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd.

Kata kunci: *Box Counting*, Fraktal, Pirografi, Matlab

Matematika adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang erat kaitannya dengan alam. Matematika sendiri memiliki banyak cabang, salah satunya adalah geometri. Pada tahun 1975, Beniot Mandelbort mengenalkan salah satu geometri Non-Euclid yang baru yaitu geometri fraktal, yang dalam bahasa latin adalah *frangere* yang berarti "rusak". Fraktal dapat dikonstruksi dengan bantuan aplikasi komputer seperti aplikasi Matlab. Konstruksi fraktal dapat dilakukan dengan teknik iterasi atau pengulangan terhadap fungsi dalam matematika. Penerapan fraktal dari pirografi dapat dikategorikan serupa pada beberapa bagian, namun memiliki keserupaan yang tidak terlalu mirip jika skalanya diubah. Akan tetapi, pada bagian tertentu jika diulang atau diperbesar memberikan hasil fraktal yang tidak sama. Namun cabang-cabang yang terbentuk memberikan kemiripan antara cabang yang besar dengan cabang yang kecil. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Box Counting* dan perhitungan menggunakan aplikasi Matlab untuk menghitung dimensi fraktal dari proses pirografi. Perhitungan dimensi fraktal dari proses pirografi menggunakan metode *Box Counting* menunjukkan hasil yang sedikit berbeda dengan hasil pemrograman Matlab yaitu 1,768 dimensi untuk hasil perhitungan *Box Counting* dan 1,765 dimensi untuk penghitungan menggunakan Matlab.

ABSTRACT

Sulaiman, Moh Masbuhin. 2020. **Application Of The *Box Counting* Method To Calculate Fractal Dimensions Of The Pyrographic Process.** Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Muhammad Khudzaifah, M.Si. (II). Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd.

Keywords: Fractal, *Box Counting*, Matlab, Pirografi

Mathematics is a branch of science that is closely related to nature. Mathematics itself has many branches, one of which is geometry. In 1975, Beniot Mandelbort introduced a new Non-Euclidean geometry, namely fractal geometry, which in Latin is *frangere* which means "broken". Fractals can be constructed with the help of computer applications such as the matlab application. Fractal construction can be done by iterating or repetition of functions in mathematics. The fractal applications of pyrography can be categorized as similar in some parts, but have less similarities if the scale is changed. However, in certain parts if it is repeated or enlarged it gives different fractal results. However, the branches that are formed give the resemblance between a large branch and a small branch. The method used in this study is the Box Counting method and the calculation uses the matlab application to calculate the fractal dimensions of the pyrographic process. The calculation of fractal dimensions from the pyrographic process using the Box Counting method shows slightly different results from the results of the matlab programming, namely 1,768 dimensions for the calculation of Box Counting and 1,765 dimensions for calculations using the Matlab.

ملخص

سليمان، محمد مسبحين. ٢٠٢٠. **تطبيق طريقة صندوق العد لحساب الأبعاد الكسورية من عملية *Pirografi***. البحث الجامعي. شعبة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرف الأول (١) محمد خديفة الماجستير. المشرف الثاني (٢) الدكتور إمام سوجاروو الحاج الماجستير.

الكلمات المفتاحية: صندوق العد, الفركتال, *Pirografi*, *Matlab*

الرياضيات هي واحدة من فروع العلوم التي ترتبط ارتباطا وثيقا إلى الطبيعة. الرياضيات نفسها لديها العديد من الفروع، واحدة منها هي الهندسة. في عام ١٩٧٥، قدم بينيوت ماندلبورت واحدة من الهندسة غير الإقليدية هندسة كسورية جديدة، والتي في اللاتينية هو *frangere* معنى "مكسورة". ويمكن بناء كسورية بمساعدة تطبيقات الكمبيوتر مثل تطبيقات *Matlab*. يمكن أن يتم بناء كسورية عن طريق تقنيات التكرار أو التكرار ضد وظائف في الرياضيات. يمكن تصنيف التطبيق الفركتالي *Pirografi* بشكل مماثل في بعض الأجزاء ، ولكن له تشابه ليس مشابهًا جدًا إذا تم تغيير المقياس. ومع ذلك، في أجزاء معينة إذا المتكررة أو الموسع يعطي نتيجة كسورية ليست هي نفسها. ومع ذلك، فإن الفروع التي شكلت تحمل أوجه تشابه بين الفروع الكبيرة والفروع الصغيرة. الطريقة المستخدمة في هذا البحث هو صندوق العد الأسلوب والحساب باستخدام تطبيق *Matlab* لحساب الأبعاد الفركتية لعملية *Pirografi*. حساب الأبعاد الفركتية لعملية *Pirografi* باستخدام طريقة صندوق العد يظهر نتائج مختلفة قليلا مع نتائج البرمجة *Matlab* من ١،٧٦٨ أبعادا لنتائج حساب العد مربع وأبعاد ١،٧٦٥ لحساب باستخدام *Matlab*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena alam sangat variatif dan dapat dibagi dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bidang geometri. Geometri adalah kajian tentang bentuk. Prijotomo menyatakan geometri adalah ilmu yang rasional karena mengenai bentuk dan bangunan dari alam (Sir, 2017). Sehingga dapat dikatakan ilmu geometri adalah ilmu yang luas, karena mempelajari berbagai macam segala bentuk yang ada di bumi. Fenomena-fenomena yang terjadi dari alam atau di bumi biasanya memunculkan problem matematis yang membutuhkan penyelesaian. Sebagai contoh, fenomena petir, petir merupakan kekuatan listrik yang mengalir dari tumbukan di awan menuju ke bumi. fenomena petir yang memiliki estimasi pola percabangan yang mendetail tampak identik sedemikian hingga pada skala besar maupun kecil. Petir merupakan wujud dari fraktal yang dihasilkan akibat aliran muatan listrik. Beberapa teori dalam fraktal dapat membantu untuk penyelesain dalam problem ini.

Istilah fraktal pertama kali dipakai oleh Beniot Mandelbort pada tahun 1975. Fraktal dalam bahasa Inggris berasal dari bahasa Latin *frangere* yang berarti “rusak”. Kata ini mendeskripsikan bentuk yang tidak beraturan (Mandelbort, 1983). Tokoh Matematikawan yang lain juga berperan dalam mengembangan geometri fraktal diantaranya adalah Waclaw Sierpinski yang dikenal dengan teorinya yaitu segitiga *Sierpinski*, Gaston Julio yang dikenal dengan himpunan *Julia, Helge Von Koch* yang dikenal dengan kurva *Von Koch*, dan *Gorge Cantor* yang dikenal dengan himpunan *Cantor*. Temuan-temuan itu adalah yang menjadi dasar perkembangan fraktal.

Geometri fraktal dapat mempresentasikan dengan baik dengan kemampuan fraktal yang menyajikan alam yang rumit, terutama pada pola percabangan garis petir, yang mana pola garis petir merupakan salah satu bentuk alam yang tak teratur. Pada garis petir mempunyai lekukan-lekukan yang sangat mirip satu sama lain, kemiripan ini adalah sifat utama fraktal. Sebab bangun fraktal bisa dikatakan dengan mengulang pola, sehingga membentuk seperti bangunan aslinya. Ketika suatu bangun fraktal dipotong kemudian diperbesar terlihat bangunan mirip dengan bangunan sebelumnya, kemiripan ini disebut dengan istilah sifat *self similarity*. Fraktal juga memiliki dimensi, seperti halnya benda-benda geometri yang lain. Dimensi fraktal berupa bilangan pecahan dan bukan bilangan bulat. Dimensi fraktal adalah sebuah pola yang bersifat rekursif yang setiap bagiannya mirip dengan bagian keseluruhan pada suatu objek geometri. Untuk objek yang memiliki dimensi Euclid D memiliki rasio pembagian $r = \frac{1}{\sqrt[D]{N}}$, di mana N adalah banyak garis hasil iterasi. Jadi didapat $D = \frac{Ln(N)}{Ln(\frac{1}{r})}$ (Sekawati, 2013).

Salah satu cara untuk menghitung dimensi fraktal adalah dengan metode *Box Counting* atau lebih dikenal sebagai metode perhitungan kotak. Metode *Box Counting* yaitu metode penghitungan dimensi fraktal dengan membagi citra menjadi kotak-kotak kecil dalam berbagai variasi ukuran. Fraktal juga dapat dibangun pada aplikasi komputer dalam bentuk fungsi matematika seperti halnya di GUI Matlab dan bisa disebut dengan teknik iterasi.

Selain itu fraktal juga dapat kita ketahui dari karya seni manusia yang memiliki elemen seni budaya dan nilai estetika. Pada dasarnya keindahan seni itu berasal dari tuhan, yang tercantum dalam al-Qur'an surat al-Baqarah ayat 29: "*Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. Dan Dia Maha mengetahui segala sesuatu"(Q.S al-Baqarah :29).*

Allah menciptakan segala yang ada di bumi dan langit yang sangat indah untuk manusia yaitu untuk kesejahteraan, kemakmuran, dan kebahagian manusia. Contoh bentuk syukur manusia terhadap nikmat ciptaan tuhan berupa alam dan sekitarnya. Salah satu contohnya adalah hasil keindahan karya seni saudara Ruri Wahyudi di Kabupaten Kediri yaitu pirografi dengan menggunakan teknik *wood burning*. Pirografi adalah seni dekorasi dari kayu atau bahan lain dengan cara membuat gambar dari hasil pembakaran. Hasil seni Ruri Wahyudi tersebut menggunakan dua pola yaitu pola arsir dan *lichtenberg*. Pola arsir digunakan untuk menggambar wajah, dan pola *lichtenberg* digunakan untuk menggambar pemandangan atau benda, pola *lichtenberg* dapat dikatakan seperti geometri fraktal karena memiliki unsur yang terdapat pada pola matematika, padahal seni yang digunakan hanyalah bekas setruman di atas kayu, dan memiliki nilai estetika tersendiri. Dari hal itu penulis tertarik untuk mengetahui bagaimana seni dengan teknik *wood burning* (pembakaran kayu) yang bisa menjadi nilai fungsi seni matematika.

Penelitian mengenai geometri fraktal dilihat dalam bidang seni yang membentuk garis seperti petir. Dikarenakan bidang seninya menyerupai bentuk fraktal dan dimensinya dalam objek berbeda-beda maka penulis berinisiatif menelitinya dengan membandingkan perhitungan dimensi antara rumus matematika dengan perhitungan melalui pemrograman Matlab.

Oleh karena itu penulis akan melakukan penelitian terhadap Penerapan Metode *Box Counting* Untuk Menghitung Dimensi Fraktal Dari Proses Pirografi

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana dimensi fraktal dari proses pirografi dengan menerapkan *Box Counting*?
2. Bagaimana dimensi fraktal dari proses pirografi dengan menggunakan aplikasi Matlab?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, maka tujuan penelitian ini yaitu

1. Mengetahui dimensi fraktal dari proses pirografi dengan menerapkan *Box Counting*.
2. Mengetahui dimensi fraktal dari proses pirografi dengan menggunakan aplikasi Matlab.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi mengenai bagaimana dimensi fraktal dari proses pirografi dengan menerapkan *Box Counting* dan menggunakan aplikasi Matlab.

1.5 Batasan Masalah

Menghindari persepsi yang salah dan meluasnya pembahasan maka batasan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Objek yang diambil hanya gambar fraktal dari proses pirografi dengan teknik *wood burning*.
2. Penentuan dimensi objek gambar fraktal dari proses pirografi dengan teknik *wood burning* hanya mengkaji pada bentuk gambar dua dimensi dan menggunakan metode *Box Counting*.
3. Penentuan dimensi objek gambar fraktal dari proses pirografi dengan teknik *wood burning* hanya mengkaji pada bentuk gambar dua dimensi dalam aplikasi Matlab.

1.6 Metode Penelitian

1. Jenis penelitian

Jika ditinjau berdasarkan jenis data yang digunakan dalam penelitian, maka penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif, data yang diperoleh berupa data numerik yang diperoleh dari pengolahan objek yang digunakan.

2. Objek penelitian

Objek dari penelitian yaitu representasi dari suatu objek yang dapat diolah dengan komputer. Objek berupa representasi gambar fraktal dari pirografi dalam bentuk citra digital dengan format *JPG* .

3. Pengumpulan data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan objek melalui media aplikasi youtube dan dokumentasi serta pengunduhan objek dari *Google*.

4. Instrumen pengumpulan data

Instrumen yang digunakan dalam mengumpulkan data adalah dari data *Google* dan Matlab. Google digunakan untuk memperoleh objek berupa citra digital representasi gambar fraktal dari pirografi sedangkan Matlab digunakan untuk memperoleh data yang akan digunakan untuk menentukan dimensi fraktal dari proses pirografi.

5. Analisis data

Berdasarkan tujuannya, analisis data dibedakan menjadi dua macam yaitu analisis data untuk memperoleh dimensi fraktal, nilai garis regresi dan garis residual pada deteksi tepi canny. Untuk memperoleh data tersebut, analisis data dilakukan dengan menggunakan Matlab dan dibandingkan dengan suatu rumus.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan penulis terdiri dari empat bab yang masing-masing terdiri dari beberapa sub bab seperti berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Bab ini berisi tentang definisi maupun teorema-teorema yang mendukung topik yaitu geometri, fraktal, Matlab, serta kajian agama.

Bab III Pembahasan

Bab ini berisi tentang penjabaran Penerapan Metode *Box Counting* untuk Menghitung Dimensi Fraktal dari Proses Pirografi. Pada bab ini juga dilengkapi kajian keagamaan.

Bab IV Penutup

Bab ini menyajikan poin-poin hasil dari pembahasan secara garis besar berupa kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Geometri

2.1.1 Pengertian Geometri

Geometri berasal dari bahasa Yunani yaitu *geo* yang artinya bumi dan *metro* yang artinya ukur (Dayang, 2010). Sehingga geometri berarti ukuran bumi. Artinya mengukur segala sesuatu yang ada dimuka bumi ini. Geometri adalah cabang Matematika yang pertama kali ditemukan oleh Thales yang berkaitan dengan relasi ruang. Susana dan Hartono mengatakan bahwa geometri merupakan cabang matematika yang tidak mengutamakan hubungan antara bilangan, meskipun ia menggunakan bilangan. Tetapi geometri mempelajari hubungan hubungan antara titik-titik, garis-garis, sudut-sudut, bidang-bidang, serta bangun datar dan bangun ruang. Geometri menggabungkan penyajian abstraksi dari pengalaman visual dan spasial, misalnya bidang, pola, pengukuran dan pemetaan (Roskawati, 2015).

Berdasarkan uraian sebelumnya dapat disimpulkan cabang matematika yang mempelajari tentang komposisi, bentuk, ruang serta sifat-sifatnya, hubunganya, dan ukur-ukuranya antara yang satu dengan yang lainya yang berhubungan dengan matematika dalam dunia fisik maupun dunia nyata adalah geometri.

2.1.2 Dasar Geometri

Penggolongan geometri terdapat beberapa perkembanganya berdasarkan (Dwi, 2008):

1. Lingkungan dan ruang kajian
2. Bahasa yang digunakan
3. Sistem aksioma
4. Transformasi
5. Metode pendekatan

Untuk membangun suatu geometri diperlukan unsur dalam geometri tersebut dan akan mendefinisikan perhitungan yang pasti tiga unsur yaitu titik, garis, dan bidang. Dari ketiga tersebut dapat dihitung unsur-unsurnya dalam geometri yaitu panjang, luas, dan volume suatu objek geometri titik, garis, dan bidang.

2.2 Geometri Fraktal

2.2.1 Sejarah Fraktal

Fraktal sebetulnya sudah dipelajari sebelum kata fraktal ada. Sehingga ada Seorang peneliti jenius dari jerman yang bernama Karl Theodor Wilhelm Weierstrass pada tahun 1872 menemukan contoh fungsi dengan sifat yang tidak intuitif yaitu kontinu dimanapun, namun tidak terdefinisikan dimanapun dari fungsi grafik tersebut, sehingga disebut fraktal pada masa sekarang.

2.2.2 Pengertian Fraktal

Fraktal berasal dari kata latin yaitu *fractus* yang artinya patah, tidak teratur, pecah atau urai. Sedangkan dalam kata kerja bahasa latin yaitu *frangere*, artinya membagi atau memecah menjadi potongan atau bagian tertentu. Apabila dipecahkan dan dipilih bagian-bagian kecilnya, gambar di bagian kecil tersebut diperbesar akan terlihat mirip atau mendekati sama dengan gambar aslinya (Helja, 2013). Fraktal juga merupakan bentuk yang memiliki keserupaan yang simetris jika dilihat dengan skala atau ukuran tertentu dan merupakan bagian terkecil dari struktur objek secara keseluruhan (Addison, 1997).

Fraktal untuk pertama kali diangkat pada tahun 1977 oleh ahli Matematika yang berasal dari Polandia yaitu Benot Mandelbort. Istilah fraktal tersebut tercantum dalam buku yang berjudul "*The Fractal Geometry on Nature*". Bentuk penemuan tersebut memberikan sumbangan terhadap ilmu pengetahuan khususnya di bidang geometri. (Evertsz, , 1995). Fraktal adalah sebuah benda geometris yang dihasilkan oleh adanya pengulangan pola dalam proses rekursif atau iteratif (Jauhari, 2009). Fraktal adalah grafik geometris dimana suatu motif gambar diulang berkali-kali dengan skala yang semakin kecil (Suarga, 2007).

Dari beberapa pendapat diatas fraktal dapat dikatakan bahwa fraktal adalah bentuk geometri yang tidak teratur bentuknya meliuk-liuk namun memiliki kemiripan dengan dirinya sendiri (*self similarity*). Maksudnya adalah kemiripan bentuk ini tidak harus sama persis, karena dalam pembentukan fraktal ini dilakukan beberapa proses transformasi yang kadang mengubah bentuk geometri semula.

2.2.3 Jenis Fraktal

1. Fraktal alami

Jenis fraktal yang ada di lingkungan sekitar kita adalah fraktal alami. Adapun contoh fraktal alami antara lain kembang kol, akar tumbuhan, daun pakis, awan, sungai, dan lainya. Contoh-contoh tersebut bisa kita lihat dengan mudah yaitu dengan mengambil suatu cabang objek dan akan terlihat bahwa cabang tersebut adalah miniatur dari objek secara keseluruhan dan memiliki sifat rekursif.

2. Fraktal buatan

Fraktal buatan merupakan gambar, bentuk, atau pola Matematika yang secara murni memiliki suatu kemiripan. Contoh kepingan salju alami yang memiliki enam simetri lipat, kepingan salju memiliki ciri khas menyerupai dirinya, dengan kata lain terdiri atas tiga bagian yang sama (Identik), masing-masing pada bagianya tersusun dari empat bagian dan secara mirip merupakan bentuk secara keseluruhan dalam skala kecil dari gambar aslinya (Nawira, 2016).

2.2.4 Sifat Fraktal

Secara umum sifat-sifat fraktal ada 2 yaitu:

1. *self-similarity* (ukuran yang sama)

   Objek yang memiliki kemiripan dengan ukuran sama (*self-similarity*) adalah fraktal. Namun dalam skala yang berbeda, ini artinya objek fraktal terdiri dari bagian-bagian yang memiliki sifat seperti objek tersebut. Dalam hal ini seperti yang telah disampaikan lornell dan westerberg (1999) "*self-similarity is defined as a part of the whole that closely resembles the whole*" (Fatih Karakus, 2015).

Bahwa hal ini *self-similarity* didefinisikan sebagai bagian dari keseluruhan itu sangat menyerupai keseluruhan itu. Setiap bagian objek tersebut bila diperbesar akan identik dengan objek tersebut. Sifat kemiripan pada fraktal yang ada pada objek di sekeliling kita, antara lain: (Jaidan Jauhari, 2010)

1) deretan pegunungan
2) kumpulan awan di langit
3) pola petir

2. *Dimension*

Fraktal adalah objek yang memiliki dimensi bilangan riil. Untuk membandingkan ukuran fraktal diperlukan dimensi fraktal. Dimensi fraktal didefinisikan sebagai kerapatan fraktal menempati ruang metrik. Panjang sebuah garis (dimensi dua) dapat diketahui dengan mengukur panjang antara dua titik. Namun, objek fraktal tidak dapat diukur panjangnya, karena memiliki variasi yang tak terhingga (Jaidan Jauhari, 2010).

2.2.5 Dimensi Fraktal

Menurut kamus matematika, dimensi mengacu pada sifat-sifat yang dinamakan panjang, luas, dan volume. Dimensi adalah bilangan yang menyatakan kebebasan untuk melakukan pergerakan di sebuah ruang. Pada umumnya, dimensi suatu objek adalah bilangan yang mendefinisikan, mendeskripsikan, membandingkan bentuk dan ukuran suatu objek yang dinamakan dimensi fraktal. Dalam dimensi fraktal kita mengukur derajat kompleksitas sebuah fraktal yaitu dengan mengukur berapa cepat kenaikan atau penurunan pengukuran ketika skala benda itu diperbesar atau diperkecil. Dimensi fraktal adalah sebuah jumlah kuantitatif menggambarkan sebuah objek mengisi suatu ruang tertentu. Jika sebuah garis dibagi menjadi N bagian yang sama, maka setiap bagian memiliki rasio dari keseluruhan yang sama (Rizki, 2016).

Dimensi fraktal adalah dimensi yang tidak umum atau dimensi yang kompleks dari pada dimensi yang biasa dikenal dalam geometri *Euclid* (Lu, 2012). Dalam dimensi *Euclid* telah diketahui dimensi dari bentuk-bentuk tertentu yang merupakan bilangan bulat seperti titik memiliki dimensi nol, garis memiliki dimensi satu, bidang memiliki dimensi dua, dan ruang memiliki dimensi tiga. Sedangkan fraktal memiliki dimensi tidak bulat atau pecahan, seperti dimensi 1,8 dan dimensi 2,7 (Subiantoro, 2005)

1. Dimensi kotak

Dimensi kotak adalah salah satu metode dalam menentukan dimensi fraktal. Gagasan yang mendasar dari metode ini adalah pengukuran pada skala kecil. Ide dimensi fraktal pertama kali dicetuskan oleh Voss yang digunakan untuk menentukan skala kemiripan diri. Contoh: misalkan ada suatu himpunan dianggap mempunyai sifat kemiripan diri maka seluruh himpunan subset yang diperkecil akan mempunyai sifat yang sama (Makridakis, 1999). Segmen garis (satu dimensi, $D=1$ dapat dibagi menjadi N bagian yang identik dan akan memiliki rasio $R_1 = \frac{1}{N^1}$. Objek dimensi dua $(D=2)$ bila dibagi menjadi N bagian yang identik pada tiap sumbu utamanya akan memiliki rasio $r_2 = \frac{1}{N^2}$, dengan cara yang sama untuk objek tiga dimensi akan diperoleh $r_3 = \frac{1}{N^3}$. secara umum untuk dimensi = D maka rasio dapat ditulis sebagai berikut $r = \frac{1}{N^D}$, atau dalam bentuk umum (Mandelbort, 1977) dapat ditulis

$$N = r^{-D}$$

Berdasarkan ide tersebut dimensi fraktal dari objek *self similarity* yang dibagi menjadi N bagian skala dari keseluruhan objek dapat dituliskan melalui persamaan dibawah ini. (Mandelbort, 1983)

$$DF = \frac{Log(N)}{Log(\frac{1}{r})}.$$

2. Dimensi fraktal citra digital

Dalam dimensi fraktal citra digital akan diproses dengan menggunakan software Matlab. kemudian bisa ditentukan dimensinya melalui bangunan fraktal yang dapat dikenali dengan pola-pola yang jelas. Untuk mencari dimensi fraktal dalam citra digital diperlukan dimensi kotak sebagai acuan alternatif.

Dimensi dicari dari hasil deteksi tepi dalam suatu citra menggunakan intensitas RGB. Selanjutnya mengubah citra RGB menjadi citra *grayscale.* untuk proses deteksi tepi. Deteksi tepi pada pemrosesan digital ini digunakan deteksi tepi metode canny karena dikatakan bahwa deteksi tepi yang paling baik adalah metode canny (Wijaya, 2007). Hasil deteksi tepi menghasilkan tipe binner (hitam putih) yang berukuran 2^k x 2^k pixel. Untuk memperjelas langkah-langkah dalam mencari dimensi fraktal dari sebuah digital, berikut ini contoh perhitungan dimensi fraktal dari citra lena menggunakan software Matlab.

a. Citra input diubah menjadi resolusi 1024 x 1024 pixel

Sehingga mendapat citra biner seperti dibawah ini

(Sumber: https://wallpapersafari.com)
Gambar 2.1 Gambar Asli

Gambar 2.2 Gambar Hasil Tepi Canny Pinguin

b. Menghitung banyaknya submatriks berukuran δ x δ untuk beberapa nilai δ yang dapat memuat citra.

Berikut ini adalah *script* program Matlab untuk penghitungan banyaknya submatriks berukuran δ x δ yang dapat memuat citra.

```
[nama_file,nama_path] = uigetfile ({'*.jpg';'*.jpeg*';'*.png';'*.tif';},...
    'masukan');
 if ~isequal (nama_file,0)
     handles.data1 = imread(fullfile(nama_path,nama_file));
     guidata(hObject,handles);
     axes(handles.axes1);
     imshow(handles.data1)
     title('Gambar');
        m=1024;
        handles.data1=imresize(handles.data1,[m,m]);
        q=rgb2gray(handles.data1);
        b=edge(q,'canny');
        jumlah=0;
        C=zeros(1,log10(m)/log10(2));
        D=zeros(1,log10(m)/log10(2));
        for n=1:(log10(m)/log10(2))
            jumlah=0;
            for i=1:2.^n:m
                for k=1:2.^n:m
                    A=[b((i:i+(2.^n-1)),(k:k+(2.^n-1)))];
                    if sum(sum(A))>=1;
                    jumlah=jumlah+1;
                    end
                end
            end
            D(n)=log10(jumlah);
            C(n)=log10(2.^n);
        end

 else
     return
 end
```

Referensi: (Moisy, 2008)

Gambar 2.3 List Program Pencacahan untuk Citra Pinguin Gambar 2.1

2.3 Metode *Box Counting*

Dimensi fraktal dapat dihitung dengan metode perhitungan kotak (*Box Counting*) (Klinkenberg, 1994). Metode *Box Counting* banyak digunakan untuk menentukan dimensi fraktal dari banyak fenomena yang berbeda, sebelum aplikasi dalam penelitian fraktal, *Box Counting* digunakan untuk menentukan dengan cepat area tidak teratur fitur kartografi. Perhitungan ini sering dikenal sebagai metode perhitungan kotak atau grid. Metode ini membagi suatu objek menjadi beberapa bagian kotak (persegi) dengan berbagai variasi ukuran (r). Selanjutnya dihitung banyaknya kotak yang menutupi objek tersebut. Jika sebuah garis dibagi menjadi beberapa bagian yang sama, maka setiap bagian memiliki rasio $s = \frac{1}{N}$ (Mulyadi, 2013).

Metode *Box Counting* merupakan salah satu metode yang umumnya telah dikenal untuk menghitung dimensi fraktal suatu citra. Untuk menghitung dimensi dari himpunan S dalam ruang R^n atau dalam ruang metrik (X, D), suatu fraktal diletakkan pada suatu luasan bidang kotak. Selanjutnya dihitung dengan seberapa banyak kotak yang diperlukan untuk menutup seluruh bagian fraktal tersebut. kemudian untuk menghitung kembali hasil perhitungan banyaknya jumlah kotak yang berubah ketika ukuran kotak tersebut diperkecil hingga panjang sisi Ɛ mendekati 0 (Sampurno, 2011).

Langkah-langkah bekerja dengan metode *Box Counting* adalah :

1. Mengambil objek fraktal yang akan dihitung dimensinya.
2. Membagi objek tersebut kedalam kotak-kotak dengan variasi ukuran (r) yang berbeda.
3. Menghitung banyaknya kotak yang berisi bagian objek pada objek N.
4. Menghitung besarnya dimensi D dengan persamaan (Mulyadi, 2013)

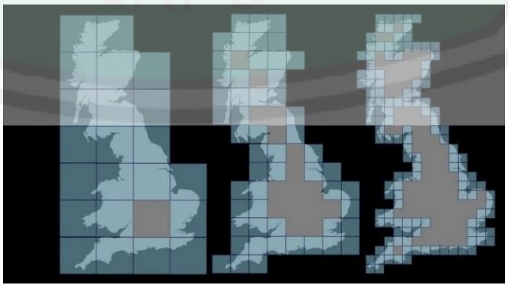
$$D(r) = \frac{\log N(r)}{\log \frac{1}{r}}$$

Dimana:

D : Dimensi

N : Banyak kotak

$\frac{1}{r}$: Variansi ukuran.



(Sumber : https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Great_Britain_Box.svg)

Gambar 2.4 Contoh Pembagian Kotak pada Metode *Box Counting*

2.4 Perangkat Lunak Matlab

2.4.1 Pengertian Matlab

Matlab (*Matrix Laboratory*) adalah sebuah program untuk analisa dan komputasi numerik, merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks (Arhami, 2005)

Pada pendidikan ilmiah, Matlab digunakan sebagai alat pemrograman standar bidang matematika, rekayasa, dan keilmuan yang terkait. Matlab menyediakan beberapa pilihan untuk dipelajari yaitu visualisasi dan pemrograman. Dalam Matlab terdapat juga fasilitas GUI (*Graphic User Interface*). GUI adalah media tampilan grafis sebagai pengganti perintah teks untuk interaksi pengguna. Pada dasarnya membuat aplikasi berbasis *window* dengan Matlab dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Menggunakan *Script* Matlab saja (*Pure Script*)
2. Menggunakan GUI *Designer* (GUIDE) (Yahya, 2011).

2.4.2 Sistem Matlab Terdiri dari Empat Bagian

Sistem Matlab terdiri dari empat bagian yaitu:

1. Bahasa (pemrograman) Matlab

Bagian ini adalah bahasa (pemrograman) tingkat tinggi yang menggunakan matriks atau array dengan pernyataan aliran kendali program, struktur data, masukan atau keluaran dan fitur-fitur pemrograman berorientasi objek (Wijaya, 2007).

2. Lingkungan kerja Matlab

Bagian ini adalah sekumpulan perangkat dan fasilitas Matlab yang digunakan oleh pengguna atau pemrograman. Fasilitas yang dimaksud misalnya untuk mengolah *variabel* di dalam ruang kerja (*workspace)* dan melakukan *impor* dan *ekspor* data. Sedangkan perangkat yang disediakan untuk pengembangan, pengolahan, proses *"debugging"* dan pembuatan profil M-files untuk aplikasi Matlab (Wijaya, 2007).

3. Penggunaan grafik

Bagian ini adalah sistem grafik Matlab, termasuk perintah-perintah (program) tingkat tinggi untuk visualisasi data dimensi dua dan dimensi tiga, pengolahan citra, animasi dan presentasi grafik. Selain itu, bagian ini juga termasuk perintah-perintah (program) tingkat rendah untuk menetapkan sendiri tampilan grafik seperti halnya membuat antarmuka pengguna grafis untuk aplikasi-aplikasi Matlab (Wijaya, 2007).

4. Pustaka Fungsi Matlab

Bagian ini adalah koleksi algoritma komputasi mulai dari fungsi dasar seperti menjumlahkan/sum, menentukan nilai sinus/sine, cosinus/cosine, dan aritmatika bilangan bilangan kompleks yaitu: fungsi-fungsi matriks, nilai eigen matriks, fungsi bessel dan FFT (*Fast Fourier Transform*) (Wijaya, 2007).

2.4.3 Bagian Penting Matlab

Matlab memiliki kemampuan merotasi sebuah objek tanpa mengubah pemrogramannya. Matlab mempunyai beberapa bagian penting (jendela utama) (Sugiarto, 2006)

Jendela utama tersebut antara lain:

1. Jendela Perintah / *command window*

Pada *command window*, semua perintah Matlab dituliskan dan dieksekusi, pada *command window* juga dapat dituliskan perintah yang diperlukan seperti perhitungan biasa, memanggil fungsi, mencari informasi tentang sebuah fungsi/*help*, demo program dan sebagainya. Setiap penulisan perintah selalu diawali dengan "*prompt*" (Sugiarto, 2006).

2. Jendela Ruang Kerja / *workspace*

Workspace merupakan sebuah jendela Matlab yang berisi informasi pemakaian variabel di dalam memori Matlab (Sugiarto, 2006).

3. *Command History*

Command history merupakan sebuah jendela yang berisi informasi perintah yang pernah dituliskan sebelumnya (Sugiarto, 2006).

4. *Current Directory*

Current directory digunakan untuk menentukan direktori aktif yang digunakan Matlab. Jika akan menjalankan sebuah fungsi, maka harus dipastikan bahwa fungsi berada di dalam direktori aktif atau dapat dengan mengubah direktori aktifnya ke direktori tempat fungsi berada. Jika tidak dilakukan, maka Matlab akan memberikan pesan kesalahan (Sugiarto, 2006).

5. *LaunchPad*

Matlab menyediakan *launchpad* untuk menambah dalam mengakses produk-produk Matlab seperti: demo dan dokumentasi. Untuk menggunakan *launchpad* dapat dengan mengaksesnya dari view dan memberi tanda pada *launchpad* (Sugiarto, 2006).

2.5 Kajian Al-Quran Fraktal pada Proses Pirografi

Menurut tafsir ibnu katsir 2007. Allah memberitahukan, bahwa Allah-lah yang menundukkan petir, yaitu cahaya mengkilat yang kuat yang terlihat keluar dari celah-celah awan mendung. Ibnu jarir meriwayatkan, bahwa ibnu ‘Abbas berkirim surat kepada Abu jalad (yang isinya) menanyakan tentang petir maka ia menjawab “petir itu adalah air”. Pola petir itu kalau digambarkan membentuk pola yang sangat indah dan bisa menghasil karya seni manusia yang memiliki nilai elemen budaya estetika keindahan itu sendiri, pada dasarnya alamiah berasal dari tuhan. Fraktal juga kita jumpai pada karya seni manusia yaitu seni pirografi yang indah seperti membentuk pola-pola yang struktur, dalam al-Qur’an surat al-Baqarah ayat 29:

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ اسْتَوَى إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Yang berbunyi “*Dia-lah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. Dan Dia Maha mengetahui segala sesuatu”(Q.S al-baqarah :29).*

Allah menciptakan segala yang ada di bumi dan langit yang sangat indah untuk manusia yaitu untuk kesejahteraan, kemakmuran, dan kebahagian manusia. Contoh bentuk syukur manusia terhadap nikmat ciptaan tuhan berupa alam dan sekitarnya. Salah satu contohnya adalah hasil keindahan karya seni pirografi dengan menggunakan teknik *wood burning*. Pirografi adalah seni dekorasi dari kayu atau bahan lain dengan cara membuat gambar dari hasil pembakaran. Hasil seni menggunakan dua pola yaitu pola arsir dan *lichtenberg*. Pola arsir digunakan untuk menggambar wajah, dan pola *lichtenberg* digunakan untuk menggambar pemandangan atau benda, pola *lichtenberg* dapat dikatakan seperti geometri fraktal karena memiliki unsur yang terdapat pada pola matematika, padahal seni yang digunakan hanyalah bekas setruman di atas kayu yang bisa menyerupai seperti pola petir, dan memiliki nilai estetika tersendiri

BAB III

PEMBAHASAN

Metode yang digunakan dalam pembahasan ini adalah metode *Box Counting* dan penghitungan dari aplikasi Matlab untuk menghitung dimensi fraktal dari proses pirografi.

Pada pengolahan citra objek fraktal dari proses pirografi diambil dari *browser* berbentuk jpg yang sudah diproses menjadi *wood burning*. Citra yang diperoleh kemudian diamati dan dianalisa sifat keserupaan *self-similarity* yang telah menjadi sifat utama dari bagian fraktal. Selanjutnya untuk menentukan dimensi fraktal dari masing-masing bagian baris fraktal dari proses pirografi, penulis menggunakan bantuan Matlab untuk di analisis dan sebagai pembandingnya yaitu dihitung manual dengan menggunakan metode *Box Counting*.

Fraktal dari pirografi dapat dikategorikan serupa pada beberapa bagian, namun memiliki keserupaan yang tidak terlalu mirip jika skalanya diubah. Dapat dilihat pada saat pengambilan objek pada bagian tertentu, jika diulang atau diperbesar memberikan hasil fraktal yang tidak sama. Namun cabang-cabang yang terbentuk memberikan kemiripan antara cabang yang besar dengan cabang yang kecil. Berdasarkan ciri khas fraktal dari pirografi pada permukaan kayu *self-similarity* karena objek yang dibangun secara berulang dengan mengganti suatu gambar dengan yang sebangun. Tetapi berukuran kecil dari yang lainya.

Gambar 3.1 Gambar Fraktal 1 yang Akan Diteliti

Gambar 3.2 Gambar Fraktal 2 yang Akan Diteliti

Gambar 3.3 Gambar Fraktal 3 yang Akan Diteliti

3.1 Dimensi Fraktal dari Proses Pirografi Menggunakan Metode *Box Counting*

Penghitungan dimensi fraktal dari proses pirografi ini menggunakan metode *Box Counting*. Dengan mengambil nilai dimensi fraktal pada objek pirografi dengan teknik *wood burning*. Perhitungan ini sering dikenal sebagai metode perhitungan kotak atau *grid*. Metode ini membagi suatu objek menjadi beberapa bagian kotak (persegi) dengan berbagai ukuran berbeda-beda. Selanjutnya dihitung banyaknya kotak yang menutupi objek tersebut. Dimensi *Box Counting* merupakan hasil perhitungan banyaknya jumlah kotak yang berubah ketika ukuran kotak tersebut diperkecil hingga panjang sisi Ɛ mendekati 0.

Pada penghitungan dimensi fraktal dari proses pirografi ini terlebih dahulu diambil citra objek yang akan ditentukan dimensinya. Gambar dibawah ini adalah suatu objek yang akan diberikan bagian kotak (persegi) dengan berbagai kotak yang berbeda-beda ukuran.

Gambar 3.4 Gambar Fraktal yang dijadikan objek metode *Box Counting*

Setelah proses pengambilan objek selesai, kemudian dilakukan penghitungan nilai dimensi fraktal menggunakan metode *Box Counting*, dengan pembagian citra objek menjadi kotak-kotak kecil ditentukan dengan ukuran $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}, \frac{1}{128}$ yang dilambangkan dengan r. Setelah itu dihitung berapa jumlah kotak terisi berdasarkan ukuran kotak-kotak yang masing-masing dilambangkan dengan N .

Penghitungan manual dengan menggunakan metode *Box Counting* yang pertama adalah menggunakan ukuran kotak (r) adalah $\frac{1}{2}$, banyaknya kotak yang terisi adalah 4, sehingga nilai dimensi yang didapatkan adalah $D = \frac{\log 4}{\log \frac{1}{\frac{1}{2}}} = \frac{\log 4}{\log 2} = 2$

$$r = \frac{1}{2}$$

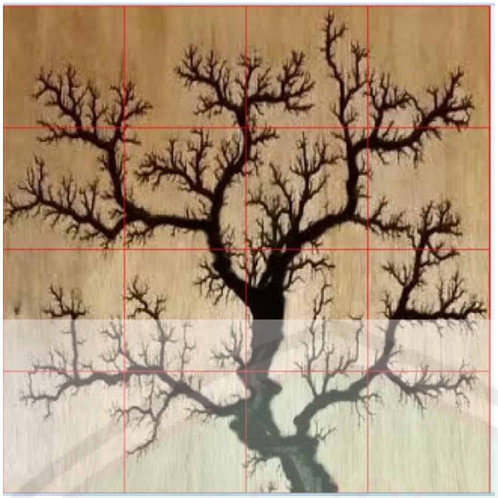
$$N = 4$$

$$D = \frac{\log 4}{\log 2} = 2$$

Gambar 3.5 penghitungan manual metode *Box Counting* ukuran $\frac{1}{2}$

Penghitungan manual dengan menggunakan metode *Box Counting* yang kedua adalah menggunakan ukuran kotak (r) adalah $\frac{1}{4}$, banyaknya kotak yang terisi adalah 16, sehingga nilai dimensi yang didapatkan adalah

$$D = \frac{\log 16}{\log \frac{1}{\frac{1}{4}}} = \frac{\log 16}{\log 4} = 2.$$



$$r = \frac{1}{4}$$

$$N = 16$$

$$D = \frac{\log 16}{\log 4} = 2$$

Gambar 3.6 penghitungan manual metode *Box Counting* ukuran $\frac{1}{4}$

Penghitungan manual dengan menggunakan metode *Box Counting* yang ketiga adalah menggunakan ukuran kotak (r) adalah $\frac{1}{8}$, banyaknya kotak yang terisi adalah 55, sehingga nilai dimensi yang didapatkan adalah

$$D = \frac{\log 55}{\log \frac{1}{\frac{1}{8}}} = \frac{\log 55}{\log 8} = 1{,}927.$$

$$r = \frac{1}{8}$$

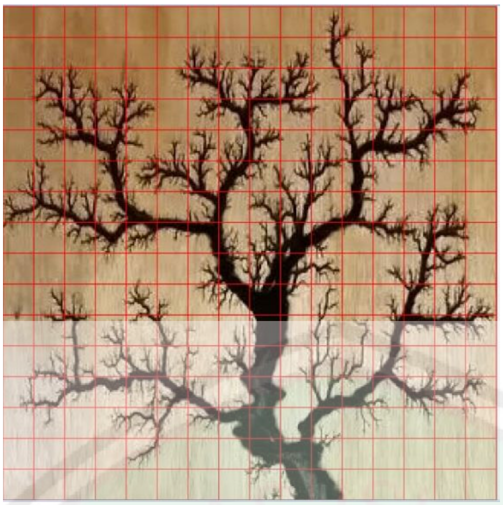
$$N = 55$$

$$D = \frac{\log 55}{\log 8} = 1{,}927$$

Gambar 3.7 penghitungan manual metode *Box Counting* ukuran $\frac{1}{8}$

Penghitungan manual dengan menggunakan metode *Box Counting* yang keempat adalah menggunakan ukuran kotak (r) adalah $\frac{1}{16}$, banyaknya kotak yang terisi adalah 181, sehingga nilai dimensi yang didapatkan adalah

$$D = \frac{\log 181}{\log \frac{1}{\frac{1}{16}}} = \frac{\log 181}{\log 16} = 1{,}875.$$



$$r = \frac{1}{16}$$

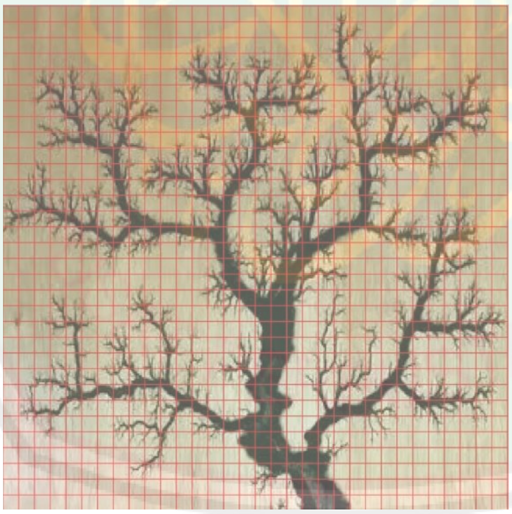
$$N = 181$$

$$D = \frac{\log 181}{\log 16} = 1{,}875$$

Gambar 3.8 penghitungan manual metode *Box Counting* ukuran $\frac{1}{16}$

Penghitungan manual dengan menggunakan metode *Box Counting* yang kelima adalah menggunakan ukuran kotak (r) adalah $\frac{1}{32}$, banyaknya kotak yang terisi adalah 536, sehingga nilai dimensi yang didapatkan adalah

$$D = \frac{\log 536}{\log \frac{1}{\frac{1}{32}}} = \frac{\log 536}{\log 32} = 1{,}813.$$



$$r = \frac{1}{32}$$

$$N = 536$$

$$D = \frac{\log 536}{\log 32} = 1{,}813$$

Gambar 3.9 penghitungan manual metode *Box Counting* ukuran $\frac{1}{32}$

Penghitungan manual dengan menggunakan metode *Box Counting* yang keenam adalah menggunakan ukuran kotak (r) adalah $\frac{1}{64}$, banyaknya kotak yang terisi adalah 1.558, sehingga nilai dimensi yang didapatkan adalah

$$D = \frac{\log 1.558}{\log \frac{1}{\frac{1}{64}}} = \frac{\log 1.558}{\log 64} = 1{,}768.$$

$$r = \frac{1}{64}$$

$$N = 1.558$$

$$D = \frac{\log 16}{\log 4} = 1{,}768$$

Gambar 3.10 penghitungan manual metode *Box Counting* ukuran $\frac{1}{64}$

Penghitungan manual dengan menggunakan metode *Box Counting* yang ketujuh adalah menggunakan ukuran kotak (r) adalah $\frac{1}{128}$, banyaknya kotak yang terisi adalah 4.956, sehingga nilai dimensi yang didapatkan adalah

$$D = \frac{\log 4.956}{\log \frac{1}{\frac{1}{128}}} = \frac{\log 4.956}{\log 128} = 2{,}107.$$

$$r = \frac{1}{128}$$

$$N = 4{,}956$$

$$D = \frac{4.956}{\log 128} = 2{,}107$$

Gambar 3.11 penghitungan manual metode *Box Counting* ukuran $\frac{1}{128}$

Ringkasan hasil dari perhitungan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel Hasil Perhitungan Box Counting

Ukuran kotak (r)	Banyak kotak(N)	Dimensi (D)
$\frac{1}{2}$	4	2
$\frac{1}{4}$	16	2
$\frac{1}{8}$	55	1,927
$\frac{1}{16}$	181	1,875
$\frac{1}{32}$	536	1,813
$\frac{1}{64}$	1.558	1,768
$\frac{1}{128}$	4.956	2,107
Rata-rata		1.927

Dari semua objek yang dapat dihitung dimensi fraktalnya dengan metode *Box Counting*, didapatkan nilai-nilai yang bervariasi dari tiap-tiap objek. Nilai-nilai tersebutlah yang nantinya akan digunakan sebagai perbandingan dengan perhitungan aplikasi Matlab.

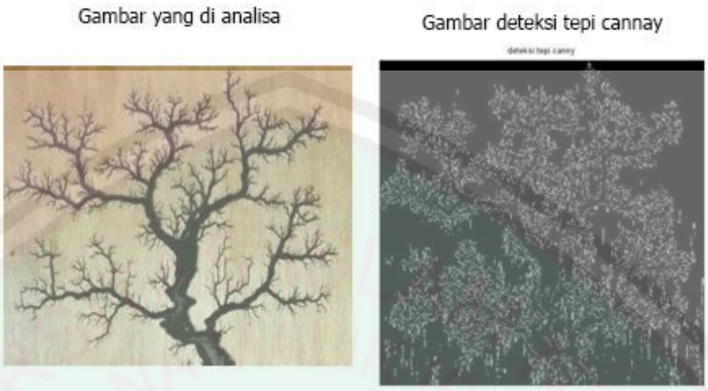
3.2 Dimensi Fraktal Citra Digital Pirografi dengan Menggunakan Aplikasi Matlab

Dimensi fraktal citra digital pirografi dengan menggunakan aplikasi Matlab pada pembahasan ini. Pada pembahasan sebelumnya, untuk menentukan dimensi fraktal menggunakan bangunan fraktal yang dapat dikenali dengan melalui pola-pola yang jelas. Untuk pembahasan kali ini perlu diinput berupa citra digital yang tidak dapat atau tidak diketahui polanya dengan mudah. Maka untuk mencari dimensi fraktal suatu citra digital memerlukan dimensi kotak untuk menjadi bahan alternatif.

Dimensi dapat dicari dari hasil deteksi tepi dari suatu citra dengan intensitas *RGB*. Citra input ini berukuran $n \times n$ piksel kemudian diubah menjadi berukuran $2^k \times 2^k$ piksel untuk mempermudah penentuan analisis citra. Kemudian mengubah tipe citra dari RGB menjadi citra *grayscale* untuk proses deteksi tepi. Hasil deteksi tepi dapat menghasilkan citra tipe binner (hitam putih) berukuran $2^k \times 2^k$ piksel. Elemen-elemen penyusunannya menggunakan 0 dan 1 dimana 0 mewakili warna hitam dan 1 mewakili warna putih sehingga penyusunan citra ini berupa matriks biner dengan ukuran $2^k \times 2^k$. Matriks biner ini akan diproses selanjutnya dengan membaginya menjadi submatriks persegi berukuran $\delta \times \delta$ submatriks ini yang akan digunakan untuk sebagai selimut dari citra yang akan dicari dimensinya. Untuk memperjelas langkah langkah dalam mencari dimensi fraktal yang sekarang diteliti, maka berikut ini hasil analisa dan menghitungnya dengan menggunakan aplikasi Matlab.

1. Perhitungan banyaknya selimut

Dalam penjelasan sebelumnya, maka citra input diproses terlebih dahulu. Citra input kemudian diubah menjadi resolusi 1024×1024 piksel dan diproses sampai mendapatkan hasil citra biner. Adapun alurnya penghitungan banyaknya submatriks berukuran $\delta \times \delta$ untuk beberapa nilai δ yang dapat memuat citra adalah sebagai berikut. Pertama-tama yaitu menentukan matriks biner $2^k \times 2^k$ selanjutnya menentukan ukuran matriks $\delta \times \delta$, dengan $\delta = 2^m$ dengan ketentuan $m = 1, 2, \dots, k$, setelah itu mempartisi matriks dengan membentuk matriks A_i berukuran $\delta \times \delta$, dengan $i = 1, 2, 3, 4, \dots, \frac{2^{2k}}{\delta^2}$. Jika jumlah elemen-elemenya $A_i \geq 1$ ketika sudah terdeteksi maka mengarah ke $N_\delta(A_i) = 1$ jika tidak maka $N_\delta(A_i) = 0$ selanjutnya hasilnya yaitu $N_\delta(A)$. Adapun hasil analisis citra yang sudah melalui Matlab adalah seperti dibawah ini



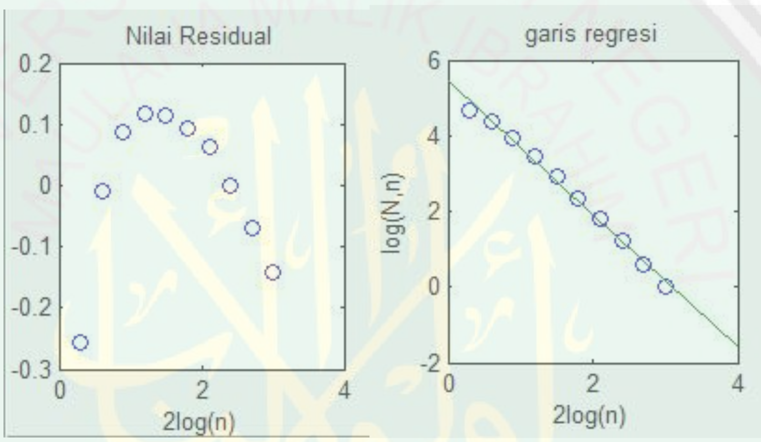
Gambar 3.12 Gambar Hasil Analisa Deteksi Tepi Pola Fraktal dari pirografi 1

Gambar 3.13 Gambar Hasil Analisa Deteksi Tepi pola fraktal dari pirografi 2

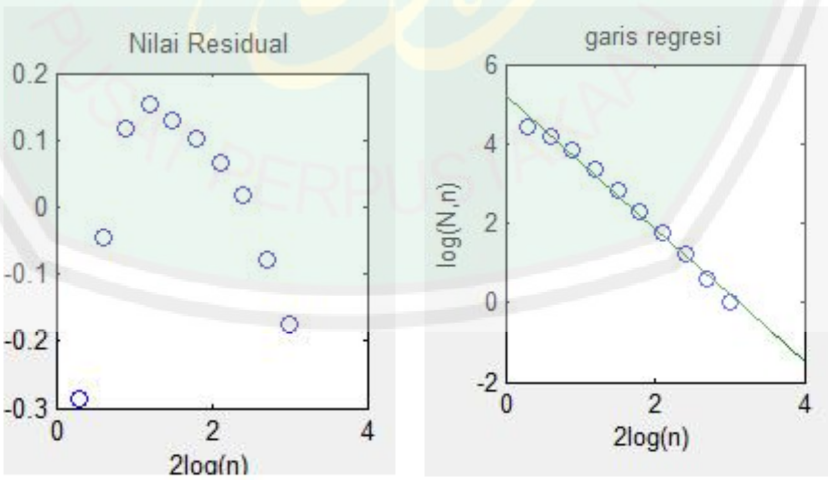
Gambar 3.14 Gambar Hasil Analisa Deteksi Tepi Fraktal dari pirografi 3

2. Penghitungan Dimensi Fraktal

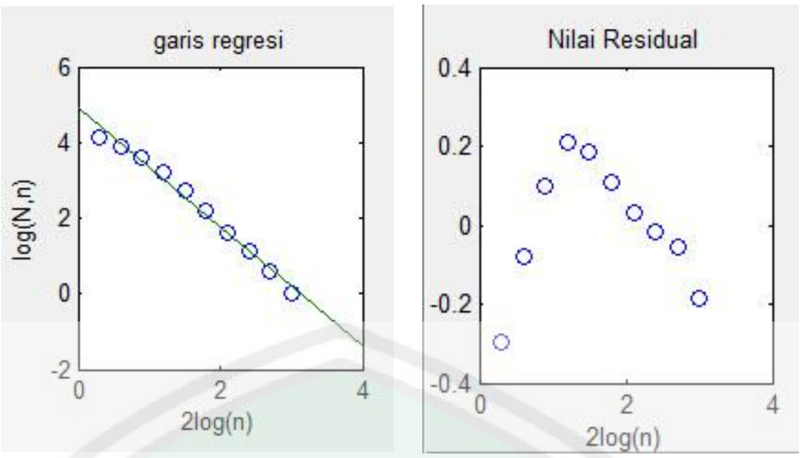
Hasil dari program Matlab banyaknya selimut untuk citra pola fraktal dari proses pirografi akan menghasilkan sejumlah sampel untuk beberapa nilai δ. Selanjutnya untuk menentukan dimensinya digunakan persamaan garis regresi. Harga mutlak dari persamaan garis regresi $\log \delta$ dan $\log N_\delta$ dan untuk nilai galat dari sampel (residual) diperoleh dari hasil selisih antara nilai prediksi $\log N_\delta$ dengan nilai $\log N_\delta$ berdasarkan pecahan sebelumnya. Inilah yang akan menjadi dimensi fraktalnya. Hasil dari program Matlab adalah sebagai berikut:



Gambar 3.15 Hasil Nilai Residual dan Regresi Gambar 1

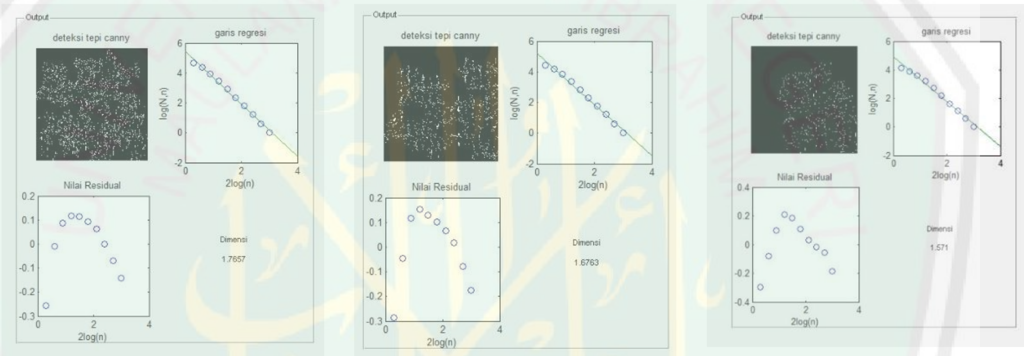


Gambar 3.16 Hasil Nilai Residual dan Regresi Gambar 2



Gambar 3.17 Hasil Nilai Residual dan Regresi Gambar 3

Untuk hasil dimensinya sebagai berikut:



Gambar 3.18 Hasil Nilai Residual, Regresi dan Dimensi Gambar 1,2,3

Hasil dimensi:

a. Gambar pertama yaitu 1,7657

b. Gambar kedua yaitu 1,6763

c. Gambar ketiga yaitu 1,571

Perhitungan dimensi fraktal dari pirografi ini belum tentu kebenarannya dikarenakan masih banyak *error* yang terjadi, *error* terjadi dikarenakan adanya ketidaktelitian menghitung banyak kotak yang tidak pada tempatnya metode *Box Counting* yang hasilnya berbeda dengan hasil pemrograman Matlab yaitu 1,744 untuk hasil *Box Counting* dan 1,7657 untuk penghitungan pemrograman Matlab.

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan metode *Box Counting* dalam perhitungan dimensi fraktal dari proses pirografi dengan teknik *wood burning* adalah dengan pembagian citra objek menjadi kotak-kotak kecil dengan ukuran $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}, \frac{1}{128}$. Berdasarkan ukuran kotak-kotak tersebut didapatkan nilai N (banyaknya kotak) yang berbeda-beda. Kotak yang berukuran $\frac{1}{2}$ memiliki nilai $N = 2$, untuk kotak yang berukuran $\frac{1}{4}$ memiliki nilai $N = 16$, kotak yang berukuran $\frac{1}{8}$ memiliki nilai $N = 55$, kotak yang berukuran $\frac{1}{16}$ memiliki nilai $N = 181$, kotak yang berukuran $\frac{1}{32}$ memiliki nilai $N = 536$, kotak yang berukuran $\frac{1}{64}$ memiliki nilai $N = 1.558$, kotak yang berukuran $\frac{1}{128}$ memiliki nilai $N = 4.956$. Setelah didapatkan nilai N, selanjutnya dihitung nilai dimensi dengan metode *box counting* dan didapatkan nilai-nilai yang bervariasi dari tiap-tiap objek. Hasil dari perhitungan nilai dimensi didapatkan nilai rata-rata yaitu 1,927.
2. Perhitungan menggunakan aplikasi Matlab untuk menentukan nilai dimensi fraktal dari proses pirografi, terlebih dahulu diambil citra objek yang akan ditentukan dimensinya, setelah itu dipotong dengan rasio 1 : 1 untuk mendapatkan citra digital berbentuk persegi sebanyak 3 objek. Kemudian langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi fraktal dengan bantuan Matlab sesuai program yang dibuat. Hasil dari perhitungan dimensi fraktal menggunakan Matlab didapatkan nilai dimensi gambar pertama yaitu 1,7657,

gambar kedua yaitu 1,6763, dan gambar ketiga yaitu 1,571. Berdasarkan ketiga nilai tersebut didapatkan nilai rata-rata 1,671. Maka dari itu, hasil metode *Box Counting* dan perhitungan menggunakan Matlab tidak berbeda jauh.

4.2 Saran

Pada penelitian ini membahas tentang dimensi pada fraktal dari pirografi dengan teknik *wood burning* menggunakan metode *box counting* an aplikasi Matlab. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan penghitungan metode lain dikarenakan masih banyak *error* yang terjadi, *error* terjadi dikarenakan adanya ketidaktelitian menghitung banyak kotak yang tidak pada tempatnya metode *Box Counting* agar lebih mengetahui penghitungan secara tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Addison, S. 1997. *Fractal and Chaos Illustrated Course*. London: Institute of Publishing.

Arhami, M. 2005. *Pemrograman Matlab*. Yogyakarta: ANDI.

Dayang, A. 2010. *Etnomatematik kepadaEtno-Pengkomputeran:Kewujudan Geometri Dalam Batik Jawa Indonesia*. Malaysia: Universiti Malaysia Sabah.

Dwi, S. 2008. *Aplikasi Sekuensi dan Deret Pada Perhitungan Pembentukan Geometri Fraktal Sederhana*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.

Evertsz, , C. 1995. *Fractal Geometry and Analysis*. Singapore: World Scientific.

Fatih Karakus. 2015. Investigation into how 8th Grade Students Define Fractals. *Afyon Kocatepe University*, 828.

Helja, M. 2013. Analisis Fraktal Citra Mammogram Berbasis Tekstur Sebagai Pendukung Diagnosis Kanker Payudara. *POSITRON, 3(2)*, 35-28.

Jaidan Jauhari. 2010. Pengembangan Perangkat Lunak pembangkit Geometri Fraktal Berbasis Bilangan Kompleks (PLFraKom)). *JURNAL GENERIC, 5(1)*, 40.

Jauhari, M. Nafie 2009. Perancangan Software Batik Berbasis Geometri Fraktal. *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika*. Malang.

Klinkenberg, B. 1994. A Review of Method Used to Determine the Fractal Dimension of Linear Features. *Journal Mathematical Geology, 26(1)*, 12.

Liebovitch, L. 1998. *Introduction to Fractals*. U.S.A: Florida Atlantic University.

Lu, X. C. 2012. Fractal Geometri and Architecture Design: Case Study Review. *Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM), 2*, 311-322.

Makridakis, S. 1999. *Forecasting, 2nd Edition. Terjemahan oleh Untung S.A dan Abdul Basith*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.

Mandelbort, B. 1983. *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W. H. Freeman and Company.

Moisy, F. 2008. Computing a Fractal Dimension With MATLAB: 1D, 2D, and 3D Box Counting. Paris: University Paris Sud.

Mulyadi, M. 2013. Sistem Identifikasi Telapak Tangan Menggunakan Ekstraksi Ciri Dimensi Fraktal. *TRANSIENT*, ISSN 2302-9927. 2(3).

Nawira. 2016. Analisis Statistik dan Dimensi Fraktal Sinyal Suara Jantung (Phonocardiogram). *Skripsi*.

Rizki, Y. 2016. *Analisis Statistika dan Dimensi Fraktal Sinyal Elektrokardiografi*. Lampung: FMIPA Universitas Lampung.

Roskawati, M. 2015. Analisis Penguasaan Siswa Sekolah Menengah Atas pada Materi Geometri. *Jurnal Didaktik Matematika, 2(1)*.

Sampurno, J. 2011. Analisis Fraktal Curah Hujan Bulanan kota Pontianak Dengan Metode Eksponen Hurst. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 1(3)*, 128-131.

Sekawati, L. 2013. Teknik Penggambaran Bentuk dan Citra Alamiah Berbasis Dimensi Fraktal. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Sir, M. M. 2017. *Tipologi Geometri*. Makasar: FT-Unhas.

Suarga. 2007. *Fisika Komputasi Solusi Problema Fisika dengan MATLAB*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.

Subiantoro, N. 2005. Penentuan Dimensi Objek Fraktal dengan Metode Box Counting. *Skripsi*.

Sugiarto, A. 2006. *Pemrograman GUI dengan Matlab*. Yogyakarta: Andi Offset.

Wijaya, M. 2007. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab*. Bandung: Informatika Bandung.

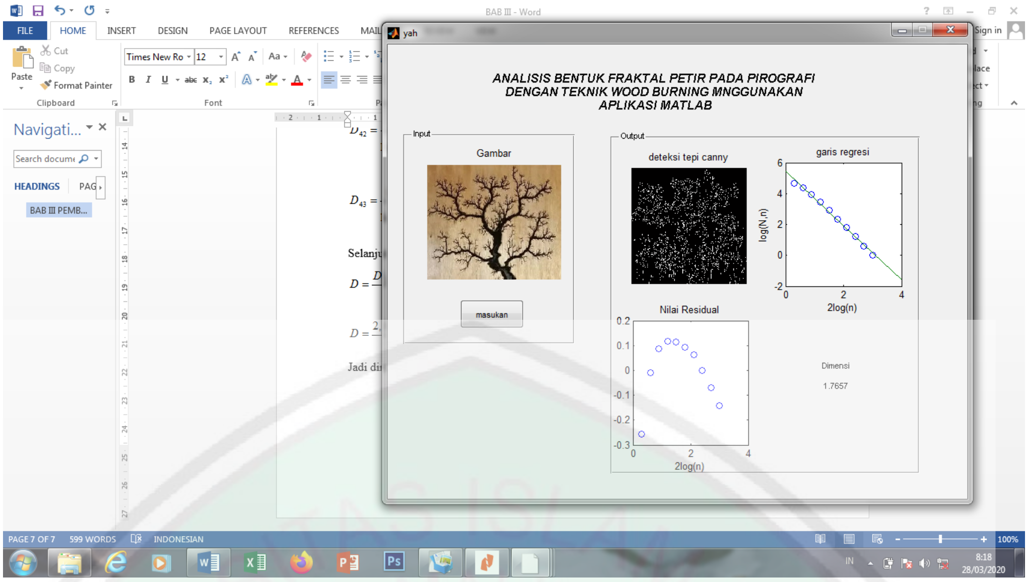
Yahya, K. 2011. Aplikasi Kompresi Citra Digital Menggunakan Teknik Kompresi Jpeg dengan Fungsi GUI pada Matlab. *Jurnal Tenika*, *3(2)*, 461-467.

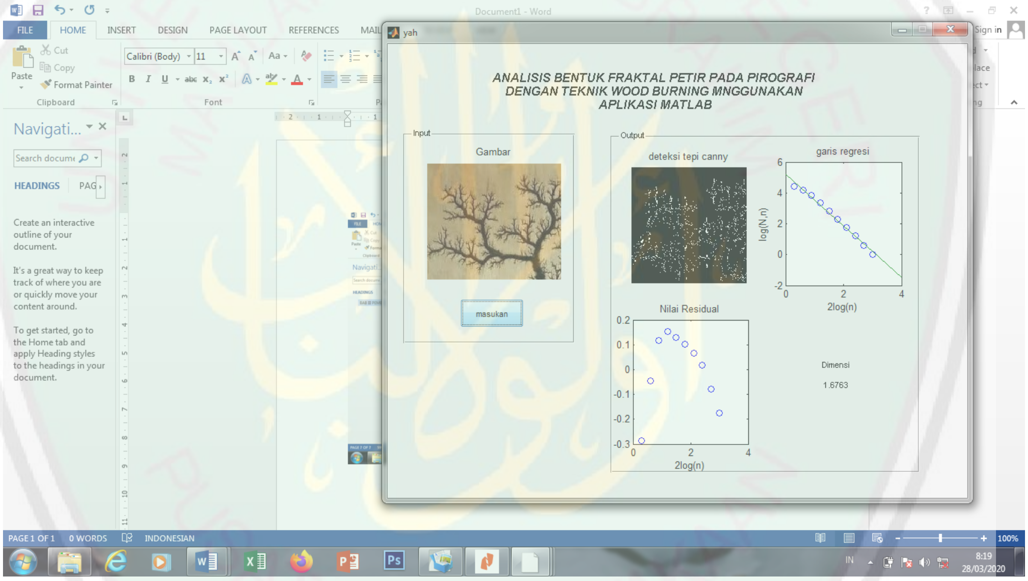
LAMPIRAN

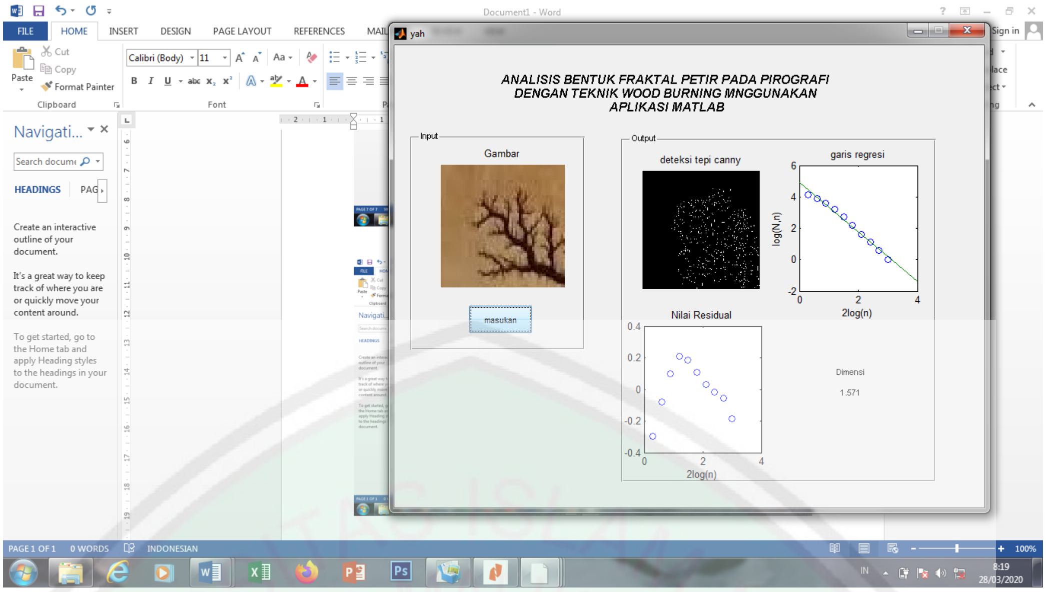
```matlab
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[nama_file,nama_path] = uigetfile ({'*.jpg';'*.jpeg*';'*.png';'*.tif';},...
    'masukan');
 if ~isequal (nama_file,0)
     handles.data1 = imread(fullfile(nama_path,nama_file));
     guidata(hObject,handles);
     axes(handles.axes1);
     imshow(handles.data1)
     title('Gambar');
        m=1024;
        handles.data1=imresize(handles.data1,[m,m]);
        q=rgb2gray(handles.data1);
        b=edge(q,'canny');
        jumlah=0;
        C=zeros(1,log10(m)/log10(2));
        D=zeros(1,log10(m)/log10(2));
        for n=1:(log10(m)/log10(2))
            jumlah=0;
            for i=1:2.^n:m
                for k=1:2.^n:m
                    A=[b((i:i+(2.^n-1)),(k:k+(2.^n-1)))];
                    if sum(sum(A))>=1;
                    jumlah=jumlah+1;
                    end
                end
            end
            D(n)=log10(jumlah);
            C(n)=log10(2.^n);
        end

 else
     return
 end
```

```matlab
axes(handles.axes2);
imshow(b)
title('deteksi tepi canny')

axes(handles.axes3);
imshow(D)
C2=C*C';
CD=C*D';
Sx=sum(C);
Sy=sum(D);
a=(C2*Sy-Sx*CD)/(n*C2-Sx^2);
b=(n*CD-Sx*Sy)/(n*C2-Sx^2);
xx=0:log10(2.^n)+1;
yy=a+b*xx;
plot(C,D,'O',xx,yy);
title('garis regresi');
xlabel('2log(n)');
ylabel('log(N,n)');

dim=num2str(abs(b));
set(handles.text1,'string',dim);

axes(handles.axes4);
E=zeros(1,log10(m)/log10(2));
for w=1:(log10(m)/log10(2))
    E(w)=D(w)-(a+b*C(w));
end
imshow(E)
plot(C,E,'O');
title('Nilai Residual');
xlabel('2log(n)');
ylabel('Residual log(N,n)');
```

Referensi: (Moisy, 2008)


ANALISIS BENTUK FRAKTAL PETIR PADA PIROGRAFI
DENGAN TEKNIK WOOD BURNING MNGGUNAKAN
APLIKASI MATLAB
Input
Gambar
masukan
Output
deteksi tepi canny
garis regresi
log(N,n)
2log(n)
Nilai Residual
2log(n)
Dimensi
1.7657


ANALISIS BENTUK FRAKTAL PETIR PADA PIROGRAFI
DENGAN TEKNIK WOOD BURNING MNGGUNAKAN
APLIKASI MATLAB
Input
Gambar
masukan
Output
deteksi tepi canny
garis regresi
log(N,n)
2log(n)
Nilai Residual
2log(n)
Dimensi
1.6763


ANALISIS BENTUK FRAKTAL PETIR PADA PIROGRAFI
DENGAN TEKNIK WOOD BURNING MNGGUNAKAN
APLIKASI MATLAB
Input
Gambar
masukan
Output
deteksi tepi canny
garis regresi
log(N,n)
2log(n)
Nilai Residual
2log(n)
Dimensi
1.571

RIWAYAT HIDUP

Moh Masbuhin Sulaiman, lahir di Lamongan pada tanggal 08 Desember 1996. Biasa dipanggil Masbuc. Putra pertama dari pasangan Bapak Sulaiman Fadli dan Ibu Siti Aisyah. Selama di Malang bertempat tinggal di Ponpes Badut Jl. Raya Candi V, gang Madin, Karangbesuki, Kec. Sukun, Kota Malang.

Pendidikan dasarnya ditempuh di MI Roudlotul Muta'abbidin dan lulus pada tahun 2009. Setelah itu melanjutkan ke SMP Dr. Musta'in Romly, lulus pada tahun 2012. Pendidikan selanjutnya ditempuh di SMA Dr. Musta'in Romly dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya, pada tahun yang sama melanjutkan kuliah di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa, pernah mengabdi di himpunan tingkat HMJ, DEMA F. SAINTEK, dan DEMA Universitas. Selain itu, di sela-sela kuliah, juga menyempatkan diri untuk menimba ilmu di pondok sekalian bekerja.

KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Moh. Masbuhin Sulaiman
NIM : 15610118
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Penerapan Metode *Box Counting* untuk Menghitung Dimensi Fraktal dari Proses Pirografi.
Pembimbing I : Muhammad Khudzaifah, M.Si
Pembimbing II : Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	10 Februari 2020	Pengajuan Judul	1.
2.	28 Februari 2020	Konsultasi Jurnal Literasi	2.
3.	01 Maret 2020	Konsultasi Jurnal Literasi	3.
4.	10 Maret 2020	Konsultasi Bab I & II	4.
5.	01 April 2020	Konsultasi Bab I & II	5.
6.	03 April 2020	Literasi Al-Qur'an	6.
7.	02 Oktober 2020	Konsultasi Bab III	7.
8.	13 November 2020	Konsultasi Bab III	8.
9.	16 November 2020	Konsultasi Bab III	9.
10.	3 Desember 2020	ACC Kajian Keagamaan	10.
11.	3 Desember 2020	Konsultasi Bab IV	11.
12.	29 Desember 2020	ACC Skripsi	12.

Malang, 29 Desember 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 196504142003121001