



Peningkatan Akurasi Perkiraan Biaya dan Waktu Proyek Perangkat Lunak Berdasarkan Model Fuzzy Gaussian dan Perubahan Nilai Parameter

Rahmi Rizkiana Putri¹

Jurusan Teknik Informatika, FTIF, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya¹

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal IPTEK – Volume 22
Nomer 2, Desember 2018

Halaman:
67 – 76
Tanggal Terbit :
20 Desember 2018

DOI:
[10.31284/j.iptek.2018.v22i2.447](https://doi.org/10.31284/j.iptek.2018.v22i2.447)

EMAIL

rahmirizkianaputri@gmail.com

PENERBIT

LPPM- Institut Teknologi
Adhi Tama Surabaya
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

*Jurnal IPTEK by LPPM-
ITATS is licensed under a
Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0
International License.*

ABSTRACT

Estimates of cost and time will affect software project management. The addition of the cost driver introduced by Barry Boehm in 2000 was used in this paper to provide better accuracy results because it included all the parts estimated. However, if only using the COCOMO II method, the estimation results are far from the Actual Effort. Therefore an increase in the accuracy of COCOMO II results can use the Fuzzy Gaussian method which gives better estimation results seen from the MMRE results. Not only using the method, but also changing the value of COCOMO II parameter in decreasing with a gradual value of 0.0001 to reach the optimal value. Based on the results of the implementation of the proposed method here, the accuracy error of the estimated cost can be reduced by 30% and the accuracy error of the estimated time of the software project can decrease by 1.19% compared to previous research. So the accuracy of costs and time in this study can increase.

Keywords: Cost; Estimates; Fuzzy Gaussian; Parameters; Time

ABSTRAK

Perkiraan biaya dan waktu akan mempengaruhi manajemen proyek perangkat lunak. Penambahan cost driver yang diperkenalkan Barry Boehm pada tahun 2000 digunakan dalam penulisan ini guna memberikan hasil akurasi yang lebih baik karena telah mencakup keseluruhan bagian yang di estimasi. Namun jika hanya menggunakan metode COCOMO II hasil estimasi masih jauh dari Actual Effort. Oleh sebab itu peningkatan akurasi hasil COCOMO II dapat menggunakan metode Fuzzy Gaussian yang memberikan hasil estimasi lebih baik dilihat dari hasil MMRE. Tidak hanya menggunakan metode tersebut, tetapi juga mengubah nilai parameter COCOMO II secara menurun dengan nilai gradual 0,0001 untuk mencapai nilai optimal. Berdasarkan hasil implementasi metode yang diusulkan disini kesalahan akurasi perkiraan biaya dapat turun 30% dan kesalahan akurasi perkiraan waktu proyek perangkat lunak dapat turun 1,19% bila dibandingkan penelitian sebelumnya. Jadi keakuratan biaya dan waktu dalam penelitian ini dapat meningkat.

Kata kunci: Biaya; Fuzzy Gaussian; Parameter; Perkiraan; Waktu

PENDAHULUAN

Pengembangan perangkat lunak merupakan proses yang tidak sepenuhnya sempurna. Di dalamnya sering terdapat keterlambatan, kegagalan, hingga ditolaknya suatu proyek perangkat lunak. Sebagai contoh perkiraan, manajemen, efisiensi biaya dan usaha seluruh proyek, hal tersebut adalah faktor-faktor penting dalam pengukuran perkiraan proyek perangkat lunak. Manajemen yang baik dari pengembangan perangkat lunak dapat memperkirakan biaya dan sumber daya perangkat lunak yang tepat. Perkiraan biaya proyek adalah tugas memprediksi biaya, usaha atau

produktifitas yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek [1]. COCOMO-ABC, dengan *dataset* NASA 93 dan *Mean Magnitude Relative Error* (MMRE) yang dihasilkan adalah 33,22% [2]. Adapun penelitian selanjutnya mengusulkan metode COCOMO II-TLABC, dengan *dataset* NASA 93 dan MMRE yang dihasilkan adalah 21,57% [3]. Penelitian berikut mengusulkan metode COCOMO II-algoritma genetika, *dataset* NASA 60 dan MMRE yang dihasilkan adalah 21,53% [4]. Dari beberapa penelitian tersebut belum mendapatkan hasil estimasi yang akurat. Hal tersebut dikarenakan masih besar nilai *error* yang dihasilkan dan masih jauh dari nilai *Actual Effort* di tiap-tiap *dataset* yang peneliti sebelumnya gunakan. Menurut analisa, pada beberapa penelitian sebelumnya hanya fokus melakukan perhitungan estimasi biaya dan usaha dengan memasukkan *dataset* dan mengimplementasikan ke metode usulan mereka. Karena masih terdapat kelemahan pada metode-metode usulan penelitian sebelumnya serta kurang akuratnya hasil estimasi biaya dan waktu yang diperoleh maka, penulis mengusulkan metode *Fuzzy Gaussian* dengan melakukan perubahan nilai pada parameter A, B, C, dan D. Penulisan ini bertujuan untuk fokus terhadap masalah perkiraan biaya dan waktu dalam proyek perangkat lunak dan meningkatkan akurasi. Terdapat beberapa metode yang terkenal dalam hal perkiraan biaya dan waktu perangkat lunak, salah satunya adalah COCOMO [5]. Metode ini bertujuan untuk membantu bagaimana caranya membuat perkiraan biaya dan waktu sebuah proyek perangkat lunak yang sederhana, mengurai langkah-langkah dasar, istilah, dan perlengkapan yang digunakan. COCOMO II memperjelas tidak hanya dibagian biaya proyek yang diharapkan dan durasinya, tetapi juga memverifikasi semua sisi dasar proyek perangkat lunak dengan menyediakan metodologi, yang diuji pada berbagai proyek kehidupan yang nyata dan dengan demikian mengurangi resiko dan dapat membantu memberikan alasan yang masuk akal ketika berkomunikasi dengan *stakeholder* proyek [6]. *Cost driver* proyek perangkat lunak yang dikembangkan secara karakteristik jelas dan pasti pada tahap awal dari siklus hidupnya. Karenanya sulit untuk menghasilkan upaya perkiraan yang akurat. Biasanya muncul bias ketika pengukuran *cost driver* perangkat lunak didasarkan pada penilaian manusia. Pendekatan ini tidak mempertimbangkan fitur yang jelas dan pasti yang ditempati dalam *cost driver*. Ketidakjelasan *cost driver* secara signifikan mempengaruhi akurasi perkiraan biaya dan waktu yang berasal dari model estimasi perangkat lunak serta terkadang kurangnya informasi tentang model proyek, metode COCOMO II ini gagal untuk bekerja di pekerjaan yang tepat [7]. Untuk mengatasi hal tersebut maka penelitian ini mengusulkan perlu dilakukan pendekatan *Fuzzy* [8]. Untuk memperkirakan biaya berdasarkan logika *Fuzzy*, akan lebih tepat digunakan ketika informasi yang di dapat tidak jelas dan tidak tepat [5]. Sejumlah besar model perkiraan biaya telah tersedia namun hanya sedikit yang bisa mencapai tingkat kepuasan. Perlu adanya metode *Fuzzy Gaussian* untuk mengoptimalkan COCOMO II dari sisi model parameter konstan dan evaluasi MMRE untuk memeriksa kinerja yang lebih baik dan harus lebih minimum. Metode yang digunakan pada penulisan ini adalah *Fuzzy* dan perubahan nilai parameter. *Gaussian Membership Function* akan digunakan untuk mencari nilai baru pada *Effort Multiplier* untuk meningkatkan kesesuaian nilai untuk setiap data *Effort Multiplier*. Sedangkan perubahan nilai parameter, digunakan untuk mendekati nilai *Actual Effort*.

TINJAUAN PUSTAKA

Constructive Cost Model II

COCOMO berlaku untuk tiga kelas proyek perangkat lunak, yaitu organik-tim kecil, semi terpisah-tim menengah, dan terintegrasi yang adalah kombinasi antara organik dan semi terpisah (perangkat keras, perangkat lunak, operasional) [9]. Dengan mengikuti sistem klasifikasi Boehm ini, metode diringkas dalam tiga kategori yaitu penilaian ahli, estimasi algoritmik, dan estimasi berdasarkan analogi [5]. Metode algoritma didasarkan pada model matematika yang menghasilkan perkiraan biaya sebagai fungsi dari sejumlah variabel, yang dianggap sebagai faktor biaya utama [10]. Menggunakan perkiraan biaya perangkat lunak metrik untuk mengidentifikasi teknik estimasi biaya, seperti SLOC (sumber baris kode). Algoritma COCOMO II memiliki 17 *Effort Multipliers* dan 5 *Scale Factors* [11]. Dalam COCOMO upaya dinyatakan sebagai *Person Month* (PM). Hal ini menentukan upaya yang diperlukan untuk proyek berdasarkan ukuran proyek perangkat lunak di sumber baris ribuan kode (KSLOC) serta faktor biaya lainnya yang dikenal sebagai faktor skala dan usaha pengganda [7]. Kemampuan pemodelan baru yang utama pada

COCOMO II adalah model *software sizing*, yang melibatkan *Object Points*, *Function Points*, dan LOC, model *nonlinear* untuk digunakan kembali pada perangkat lunak dan rekayasa ulang, pendekatan eksponen untuk pemodelan disekonomi *software* skala *relative* dan beberapa penambahan, penghapusan, serta *update cost driver* dari COCOMO sebelumnya. Adapun beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan metode ini menggunakan *Fuzzy trapesium* untuk merancang ulang EM dari COCOMO II agar hasil EM lebih akurat[12]. Tetapi penelitian berikut memperbaiki hasil akurasi COCOMO II menggunakan *Fuzzy Gaussian* [5]. Karena menurut penelitiannya jika menggunakan *Fuzzy trapesium*, transisinya tidak sebaik *Gaussian* sehingga hasil yang dicapai masih jauh dari *Actual Effort*. COCOMO II juga dapat diperbaiki menggunakan *Bee Colony Optimization* untuk mencapai hasil yang optimal[11]. Dari beberapa penelitian yang menggunakan COCOMO II, hanya sebatas meningkatkan akurasi dengan metode lainnya. Tetapi ada faktor penting lainnya di dalam COCOMO II yaitu nilai parameter A dan B yang dapat diubah sehingga mempengaruhi akurasi estimasi biaya dan usaha [3].

Parameter A adalah konstanta multiplikatif di dalam COCOMO II. Konstanta multiplikatif adalah suatu nilai tetap yang dapat diperbanyak. Sedangkan parameter B adalah nilai konstanta di dalam COCOMO II [3]. Parameter A, B, C, dan D di dalam COCOMO II berperan penting karena digunakan untuk estimasi biaya dan waktu perangkat lunak. Dimana nilai parameter A yang diberikan oleh COCOMO II adalah 2,94, nilai parameter B adalah 0,91, nilai parameter C adalah 3,67, dan nilai parameter D adalah 0,28. Parameter A digunakan ketika menghitung *Person Month* (PM). Dan parameter B digunakan ketika menghitung *Effort* (E). Sedangkan parameter C dan D digunakan untuk menghitung waktu. Adapun persamaan (1-6) yang terdapat pada COCOMO II adalah sebagai berikut[13]:

Konstanta *Effort*:

$$A = 2,94; B = 0,91 \quad \dots\dots (1)$$

$$PM_{NS} = A \times Size^E \times \prod_{i=1}^n EM_i \quad \dots\dots (2)$$

$$\text{dimana } E = B + 0,01 \times \sum_{j=1}^5 SF_j \quad \dots\dots (3)$$

Konstanta *Schedule*:

$$C = 3,67; D = 0,28 \quad \dots\dots (4)$$

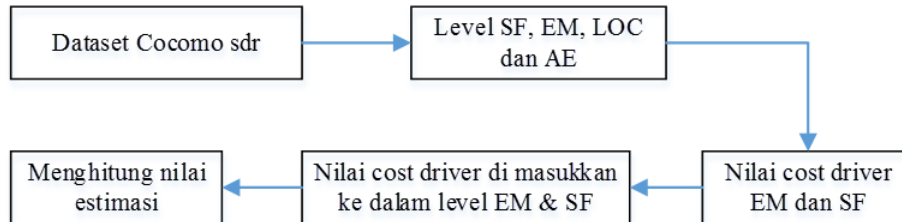
$$TDEV_{NS} = C \times (PM_{NS})^F \quad \dots\dots (5)$$

$$\begin{aligned} \text{dimana } F &= D + 0,2 \times 0,01 \times \sum_{j=1}^5 SF_j \\ &= D + 0,2 \times (E - B) \end{aligned} \quad \dots\dots (6)$$

Deskripsi dari tiap variabel yang terdapat dalam persamaan diatas yaitu, nilai n adalah jumlah dari *Effort Multipliers*, EMi adalah 16 *Effort Multiplier* dari *Post-Architecture* model, EMi, dan 6 dari rancangan awal model. SFj berfungsi untuk eksponensial *Scale Factor* (SF). Nilai A, B, EMi,...EM16, SF1,...dan SF5 untuk COCOMO II.2000 model *Post-Architecture* adalah kalibrasi ke parameter sebenarnya dan nilai usaha untuk 161 proyek di dalam basis data COCOMO II. Nilai C dan D untuk penjadwalan di dalam COCOMO II.2000 yang di kalibrasi ke nilai jadwal sebenarnya. Berikut gambar 1 merupakan rancangan COCOMO II yang mana data yang diperoleh akan digunakan untuk estimasi usaha dan biaya perangkat lunak. Berikut penjelasan dari setiap tahapan rancangan yang terdapat pada gambar 1:

1. Dataset Cocomo sdr dari Turkish Software Industry berdasarkan COCOMO II memiliki atribut yang terdiri dari project ID, *scale factor*, *effort multiplier*. Dan memiliki data yang terdiri dari level sangat rendah hingga ekstra tinggi.
2. Level terdapat di dalam tiap proyek dan di setiap *cost driver*.
3. Tiap *effort multiplier* dan *scale factor* memiliki nilai-nilai berdasarkan level paling rendah hingga ekstra tinggi.

4. Pengelompokkan nilai berdasarkan level yang telah ditentukan sebelumnya di *scale factor* dan *effort multiplier* setiap proyek.
5. Pengelompokkan tersebut yang akan digunakan sebagai data untuk menghitung estimasi usaha dan biaya menggunakan metode usulan.

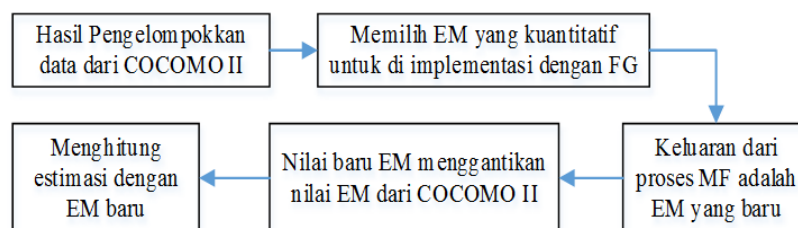


Gambar 1. Rancangan Cocomo II

Fuzzy Gaussian

Sebuah sistem yang berdasarkan pada logika *Fuzzy* memiliki hubungan dengan konsep *Fuzzy*, seperti kumpulan *Fuzzy*, variabel linguistik [13]. *Fuzzy* dapat menangani masalah dengan data yang tidak tepat dan tidak lengkap yang didasarkan pada teori himpunan *Fuzzy* yang diresmikan oleh Prof. Lofti Zadeh pada tahun 1965 [8]. Hal ini digunakan untuk mewakili nilai-nilai linguistik seperti rendah, sedang dan kompleks. Sebuah himpunan *Fuzzy* ditandai dengan fungsi keanggotaan yang berasosiasi dengan setiap titik dalam himpunan *Fuzzy* sejumlah nyata dalam interval $[0,1]$ yang disebut derajat atau kelas keanggotaan. Dimana interval $[0,1]$ artinya adalah logika *Fuzzy* bernilai salah atau benar [14]. Fungsi keanggotaan terdiri dari segitiga, trapesium, *Gaussian* dan lain-lain [7]. Fungsi keanggotaan *Gaussian* memberikan akurasi yang lebih baik daripada fungsi keanggotaan lainnya. *Gaussian* memiliki transisi yang lebih halus antar interval. Metode ini mengurangi penyimpangan antara estimasi dan biaya atau usaha sebenarnya [8]. Seperangkat aturan sudah ada batasnya untuk pemisah *fuzzy* yang mana menghasilkan upaya software sesuai dengan atribut nilai *fuzzy*. Upaya software ini terkelompok ke aturan yang beragam berdasarkan parameter dan teknik yang memanfaatkan prosedur optimasi dengan maksud untuk mengoptimalkan aturan *fuzzy* [15].

Karena *Fuzzy Gaussian* (FG) memiliki interval yang baik dan dapat berpengaruh terhadap hasil akurasi estimasi usaha dan biaya perangkat lunak, maka pada penelitian memperbaiki hasil akurasi COCOMO II menggunakan FG [7]. Karena menurut penelitiannya jika menggunakan *Fuzzy* Trapesium, transisinya tidak sebaik FG sehingga hasil yang dicapai masih jauh dari *Actual Effort*. Rating rendah, nominal, dan tinggi yang terdapat pada *cost driver* di kalibrasi dan di dapatkan dari sistem pembelajaran data proyek industri. Rating tersebut yang di gunakan pada penelitian untuk merepresentasikan salah satu faktor kontribusi untuk mengembangkan usaha perangkat lunak seperti, pengalaman menggunakan aplikasi dan kompleksitas produk [3]. Berikut gambar 2 merupakan rancangan COCOMO II logika *Fuzzy*. Yang mana data baru yang diperoleh akan digunakan untuk estimasi usaha dan biaya perangkat lunak.



Gambar 2. Rancangan Cocomo II Fuzzy Gaussian

Berikut penjelasan dari setiap tahapan rancangan pada gambar 2:

1. Hasil pengelompokkan pada COCOMO II digunakan sebagai data masukan / input pada *Fuzzy Gaussian*
2. Dari seluruh effort multiplier pada cost driver COCOMO II, hanya effort multiplier yang kuantitatif / nilai nominal yang dapat di implementasikan ke dalam *Fuzzy Gaussian*. Karena *Fuzzy Gaussian* hanya mengenal masukan yang berupa angka. EM kuantitatif yang dimaksud, yaitu DATA, STOR, TIME, ACAP, PCAP, APEX, PLEX, LTEX, SCED, PVOL, PCON.
3. Hasil dari proses *Membership Function* adalah berupa nilai baru *effort multiplier*.
4. Nilai baru *effort multiplier* tersebut menggantikan nilai *effort multiplier* lama, yang berasal dari COCOMO II.
5. Menghitung estimasi usaha dan biaya menggunakan nilai *effort multiplier* yang baru.

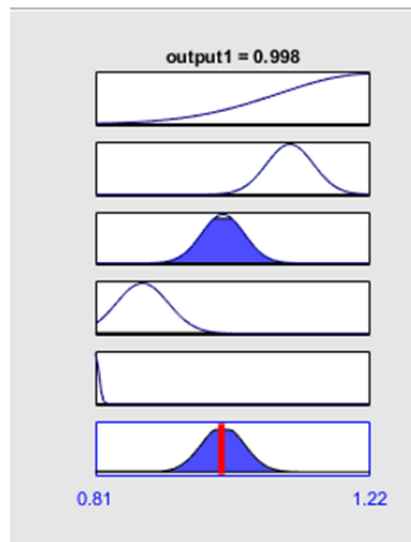
METODE

Berdasarkan metode yang diusulkan, penelitian ini memiliki beberapa tahapan proses. Tahap selanjutnya adalah melakukan implementasi. Implementasi yang dilakukan untuk melihat unjuk kerja yang dihasilkan oleh metode yang diusulkan. Data masukan pada uji coba ini adalah Cocomo-sdr. Data yang digunakan diperoleh dari Turkish Software Industry terdiri atas 12 titik data terdiri dari 25 atribut, 17 *cost driver*, 5 *scale factor*, SLOC, *actual effort*. Terdapat dua skenario uji coba yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Implementasi hasil akurasi estimasi biaya dan waktu menggunakan COCOMO II pada *dataset* Cocomo-sdr dan membandingkan hasil akurasi estimasi biaya dan waktu menggunakan COCOMO II *Fuzzy Gaussian* pada *dataset* Cocomo-sdr.
2. Implementasi hasil akurasi estimasi biaya dan waktu menggunakan COCOMO II *Fuzzy Gaussian* dengan perubahan nilai parameter pada *dataset* Cocomo-sdr dan membandingkan hasil akurasi estimasi biaya dan waktu menggunakan COCOMO II *Fuzzy Gaussian* pada *dataset* Cocomo-sdr tanpa perubahan nilai parameter.

Setelah tahapan implementasi metode selesai, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan suatu uji coba terhadap metode yang telah diusulkan. Uji coba dimaksudkan untuk mengetahui apakah penelitian yang dilakukan telah dapat memenuhi tujuan penelitian sebagaimana yang telah direncanakan. Pada tahap uji coba ini akan dilakukan uji coba untuk meningkatkan nilai akurasi dari estimasi usaha dan biaya proyek perangkat lunak menggunakan metode COCOMO II *Fuzzy Gaussian* yang akan dibandingkan dengan Cocomo II. Pada tahap uji coba ini mengambil contoh *dataset* Cocomo-sdr. Setelah memasukkan *cost driver* COCOMO II, adapun beberapa tahapan uji coba pada penulisan ini diantaranya yaitu :

1. Menghitung dan menampilkan *dataset* dengan *cost driver* COCOMO II dan nilai *effort multiplier* yang baru setelah dilakukan implementasi menggunakan *Fuzzy Gaussian*, seperti yang dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini adalah hasil *Fuzzy Gaussian* mengubah nilai *effort multiplier* COCOMO II yang baru pada *cost driver* APEX.



Gambar 3. Nilai *Effort Multiplier* APEX.

Gambar 3 menjelaskan bahwa nilai *effort multiplier* APEX yang berasal dari COCOMO II berada pada level 1,22; 1,1; 1; 0,88; hingga 0,81. Setelah melakukan implementasi pada *Fuzzy Gaussian* nilai APEX pada level nominal diubah menjadi 0,998 yang mana sebelumnya bernilai 1. Hal tersebut karena diambil nilai tengah antara rentang nilai *effort multiplier* tersebut.

2. Menghasilkan perubahan nilai *effort multiplier* pada beberapa *cost driver* lainnya ditandai dengan warna abu-abu, seperti yang terlihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. *Effort Multiplier* Hasil *Fuzzy Gaussian*

No.	Cost Driver	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra High
1	RELY	0,82	0,92	1	1,1	1,26	-
2	DATA	-	0,9	1	1,14	1,24	-
3	RUSE	-	0,95	1	1,07	1,15	1,24
4	DOCU	0,81	0,91	1	1,11	1,23	-
5	TIME	-	-	1	1,11	1,29	1,59
6	STOR	-	-	1	1,05	1,16	1,45
7	PVOL	-	0,87	1	1,14	1,23	-
8	ACAP	1,41	1,18	1,01	0,85	0,74	-
9	PCAP	1,34	1,15	1	0,88	0,76	-
10	PCON	1,26	1,12	1	0,9	0,81	-
11	APEX	1,11	1,1	0,998	0,88	0,81	-
12	PLEX	1,13	1,06	1	0,91	0,857	-
13	LTEX	1,16	1,1	1	0,91	0,85	-
14	TOOL	1,17	1,09	1	0,9	0,78	-
15	SITE	1,22	1,09	1	0,93	0,86	0,8
16	SCED	1,31	1,14	1	1	1	-
17	CPLX	0,73	0,87	1	1,17	1,34	1,74

3. Menghitung akurasi estimasi usaha dan biaya menggunakan *effort multiplier* yang baru dengan implementasi *Fuzzy Gaussian*. Hasil yang diperoleh adalah MMRE atau total *error* dari kesalahan setiap proyek di dalam *dataset*.
4. Menghitung nilai akurasi dari estimasi usaha dan biaya menggunakan metode *Fuzzy Gaussian* dengan nilai parameter yang telah diubah sebanyak 0,0001.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, *dataset* yang digunakan adalah *dataset* cocomo sdr yang diperoleh dari Turkish Software Industry, yang memiliki 12 proyek. Pengujian awal menggunakan metode *Fuzzy Gaussian* tanpa perubahan nilai parameter yang hasilnya dibandingkan dengan hasil menggunakan metode Cocomo II. Seperti yang terlihat pada tabel 1. Kemudian pengujian selanjutnya menggunakan metode *Fuzzy Gaussian* dengan perubahan nilai parameter yang hasilnya dibandingkan dengan hasil metode Cocomo II *Fuzzy Gaussian* tanpa perubahan parameter.

Hasil Uji Coba Skenario Pertama

Melakukan implementasi COCOMO II menggunakan metode *Fuzzy Gaussian* pada *dataset* Cocomo sdr dan membandingkan dengan penelitian yang menggunakan *dataset* Cocomo_sdr [10]. Beberapa *Effort Multiplier* diubah nilainya ketika menggunakan FG, hal tersebut untuk meminimalkan *error*. Uji coba pertama ini dimaksudkan untuk mengetahui hasil dari unjuk kerja metode yang menggunakan COCOMO II *Fuzzy Gaussian*. Tabel 2 menunjukkan hasil implementasi pada skenario uji coba pertama.

Tabel 2. MMRE Perbandingan Kedua Metode Tanpa Perubahan Nilai Parameter

Dataset	Metode	Keterangan	MMRE Biaya (%)	MMRE Waktu (%)
Cocomo_sdr	Cocomo II	Tanpa Perubahan Nilai Parameter	733,14	182,46
Cocomo-sdr	Fuzzy Gaussian	Tanpa Perubahan Nilai Parameter	716,14	182,22

Hasil Uji Coba Skenario Kedua

Melakukan implementasi COCOMO II menggunakan metode *Fuzzy Gaussian* pada *dataset* Cocomo sdr dengan perubahan nilai parameter dan membandingkan dengan penelitian yang menggunakan *dataset* Cocomo_sdr Fuzzy Gaussian[3]. Beberapa *Effort Multiplier* diubah nilainya ketika menggunakan FG, hal tersebut untuk meminimalkan *error*. Uji coba kedua ini dimaksudkan untuk mengetahui hasil dari unjuk kerja metode yang menggunakan COCOMO II *Fuzzy Gaussian* dengan perubahan nilai parameter. Tabel 3 menunjukkan hasil implementasi pada skenario uji coba kedua.

Tabel 3. MMRE Perbandingan Kedua Metode Dengan Perubahan Nilai Parameter

Dataset	Metode	Keterangan	MMRE Biaya (%)	MMRE Waktu (%)
Cocomo_sdr	Cocomo II Fuzzy Gaussian	Tanpa Perubahan Nilai Parameter	716,14	182,22
Cocomo-sdr	Cocomo II Fuzzy Gaussian	Dengan Perubahan Nilai Parameter	702,14	181,27

Bagian yang dianalisa adalah hasil akurasi MMRE dari dataset cocomo sdr dari pengujian tahap pertama hingga kedua menggunakan metode *Fuzzy Gaussian* baik yang menggunakan nilai parameter tanpa perubahan dan yang menggunakan perubahan nilai parameter. Jika dilihat dari tabel 3 tampak penurunan *error* pada MMRE biaya dan waktu. Dan jika menggunakan perubahan nilai parameter, *error* dapat berkurang secara signifikan yaitu 30% untuk MMRE biaya, sedangkan untuk MMRE waktu *error* dapat berkurang sebanyak 1,19%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisa hasil pengujian pada penelitian ini dengan menggunakan *dataset* cocomo sdr maka metode *Fuzzy Gaussian* dapat menurunkan *error* sebanyak 17% untuk MMRE biaya, sedangkan untuk MMRE waktu sebanyak 0,24%. Penurunan tersebut belum cukup signifikan karena belum mendekati *actual effort*. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Gaussian* dengan mengubah nilai parameter A, B, C dan D sebanyak 0,0001. Sehingga penurunan *error* dapat dilakukan secara signifikan yaitu sebesar 30% untuk MMRE biaya dan 1,19% untuk MMRE waktu dan estimasi biaya dan waktu dapat lebih baik karena mendekati *actual effort*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. C. Eberendu, "Software Project Cost Estimation : Issues , Problems and Possible Solutions," *Int. J. Eng. Sci. Invent.*, vol. 3, no. 6, pp. 38–43, 2014.
- [2] F. Soleimanian Gharehchopogh, I. Maleki, A. Kamalinia, and H. M. Zadeh, "Artificial bee colony based constructive cost model for software cost estimation," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 44–51, 2014.
- [3] K. T. Le My, "Applying Teaching-Learning To Artificial Bee Colony for Parameter Optimization of Software Effort," *J. Eng. Sci. Technol.*, no. August, 2016.
- [4] F. S. Gharehchopogh and A. Pourali, "A new approach based on continuous genetic algorithm in software cost estimation," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 2, no. 4, pp. 87–94, 2015.
- [5] C. S. Reddy and K. Raju, "An Improved Fuzzy Approach for COCOMO ' s Effort Estimation using Gaussian Membership Function," *J. Softw.*, vol. 4, no. 5, pp. 452–459, 2009.
- [6] T. N. Sharma, "Analysis of Software Cost Estimation using COCOMO II," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 2, no. 6, pp. 1–5, 2011.
- [7] C. H. S. Reddy and K. Raju, "Improving the accuracy of effort estimation through Fuzzy set combination of size and cost drivers," *WSEAS Trans. Comput.*, vol. 8, no. 6, pp. 926–936, 2009.
- [8] E. Stimulation, "A Fuzzy Approach For Software Effort Estimation," *Int. J. Cybern. Informatics*, vol. 2, no. 1, pp. 9–15, 2013.
- [9] A. Malik, V. Pandey, and A. Kaushik, "An Analysis of Fuzzy Approaches for COCOMO II," *Int. J. Intell. Syst. Appl.*, vol. 5, no. 5, pp. 68–75, 2013.
- [10] J. G. Borade and V. R. Khalkar, "Software Project Effort and Cost Estimation Techniques," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng.*, vol. 3, no. 8, pp. 730–739, 2013.
- [11] S. Waghmode and K. Kolhe, "A Novel Way of Cost Estimation in Software Project Development Based on Clustering Techniques," *Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 2, no. 4, pp. 3892–3899, 2014.
- [12] R. R. Putri, R. Sarno, D. Siahaan, A. S. Ahmadiyah, and S. Rochimah, "Accuracy Improvement of the Estimations Effort in Constructive Cost Model II Based on Logic Model of Fuzzy," *Adv. Sci. Lett.*, vol. 23, no. 3, pp. 2478–2480, 2017.
- [13] I. Attarzadeh and S. Ow, "Improving the accuracy of software cost estimation model

- based on a new fuzzy logic model,” *World Appl. Sci. J.* 2010.
- [14] S. Adhimantoro, “Mengetahui Tingkat Kematangan Buah Dengan Ultrasonik Menggunakan Logika Fuzzy,” *JNTETI*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [15] T. K. G. Marappagounder, “An Efficient Software Cost Estimation Technique Using Fuzzy Logic With The Aid Of Optimization Algorithm,” *Int. J. Innov. Comput. Inf. Control*, vol. 11, pp. 587–597, 2015.

Halaman ini sengaja dikosongkan