

MEMBANGUN HUBUNGAN ANTARA METRIK CHIDAMBER & KEMERER DENGAN KARAKTERISTIK EFISIENSI PADA ISO/IEC 9126-2 UNTUK APLIKASI SUMBER TERBUKA

Achmad Arwan¹⁾, Siti Rochimah²⁾

¹⁾Teknik Informatika, Universitas Brawijaya

Email: arwan@ub.ac.id

²⁾Teknik Informatika, ITS

Email siti@its-sby.edu

ABSTRAK

Chidamber & Kemerer menemukan metrik untuk mengukur kualitas sebuah perangkat lunak. Karakteristik efisiensi pada ISO/IEC 9126-2 merupakan karakteristik yang mudah diukur dengan angka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya hubungan antara metrik Chidamber & Kemerer dengan ISO/IEC 9126-2. Hal ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran metrik Chidamber & Kemerer dan metrik ISO/IEC 9126-2 karakteristik efisiensi pada kode sumber dari aplikasi sumber terbuka yang berbasis Java SE. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ada kaitan erat baik berbanding lurus maupun berbanding terbalik antara metrik Chidamber & Kemerer dengan metrik karakteristik efisiensi pada ISO/IEC 9126-2.

Kata Kunci: Metrik, Chidamber & Kemerer, Karakteristik, Efisiensi, ISO 9126-2

1. PENDAHULUAN

Sebuah perangkat lunak dapat diukur kualitasnya dengan banyak metode, diantaranya dengan menggunakan metrik Chidamber & Kemerer [1]. ISO 9126-2 [2] menyediakan metrik eksternal yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas perangkat lunak yang dilakukan pada fase testing dan operasional. ISO 9126-2 terdiri dari karakteristik dan subkarakteristik. Pada ISO 9126-2 tidak semua karakteristik dapat direpresentasikan dengan angka. Salah satu karakteristik yang dapat menghasilkan sebuah angka adalah karakteristik efisiensi dari sebuah perangkat lunak.

Penelitian terdahulu [3] melakukan evaluasi kuantitatif menggunakan beberapa metrik kualitas perangkat lunak tertentu untuk kemudian digali keterkaitan hasil antar metrik dalam penelitian tersebut. Akan tetapi penelitian tersebut belum menggunakan ISO 9126-2 sebagai salah satu metrik yang digunakan.

Penelitian ini mengusulkan pengukuran terhadap kualitas perangkat lunak pada aplikasi sumber terbuka dengan 2 metrik yaitu metrik Chidamber & Kemerer dan metrik ISO 9126-2 (karakteristik efisiensi subkarakteristik perilaku waktu). Hasil yang diharapkan dari penelitian ini dapat mengetahui apakah ada keterkaitan antara hasil dari pengukuran kedua metrik tersebut.

Proses pengujian dalam penelitian ini menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi standar. Aplikasi sumber terbuka yang menjadi obyek penelitian adalah aplikasi yang

dipilih dari Sourceforge berdasarkan tingkat popularitas yang tinggi, dan berbasis Java SE. Jenis aplikasi yang dipilih adalah aplikasi yang berfungsi untuk pemodelan. Aplikasi jenis ini dipilih karena hal-hal sebagai berikut:

1. Aplikasi dapat menampilkan model.
2. Model dapat dimodifikasi.
3. Terdapat animasi dalam menampilkan model sehingga dapat mengukur apakah aplikasi responsif atau tidak.

Hasil dari penelitian yang diharapkan adalah dapat menjawab pertanyaan apakah ada keterkaitan antara metrik Chidamber & Kemerer dengan metrik ISO 9126-2 (karakteristik efisiensi subkarakteristik perilaku waktu).

2. METRIK CHIDAMBER & KEMERER, ISO 9126

Chidamber & Kemerer [1] menemukan metrik Bobot WMC (*Weighted Method per Class*) yaitu pembobotan metode dalam sebuah kelas dimana semakin banyak metode artinya semakin kompleks, dan semakin rendah tingkat penggunaan kembali sebuah kode. *DIT (Depth of Inheritance)* adalah kedalaman turunan dari sebuah kelas. Semakin dalam pohon turunannya maka semakin kompleks dan semakin besar tingkat penggunaan kembali.

NOC (Number of Children) adalah jumlah anak/turunan dari sebuah kelas. Semakin banyak anak/turunan maka semakin besar tingkat penggunaan kembali, semakin besar tingkat

kesalahan penggunaan sub kelas, serta semakin banyak testing yang harus dilakukan.

CBO (Coupling Between Object) yaitu jumlah kelas yang berpasangan dalam kode program. Pasangan kelas yang sangat erat kaitannya menyebabkan modularitas kode & penggunaan kembali menjadi rendah. *RFC (Respon for a Class)* adalah seberapa banyak kelas yang merespon dari sebuah pesan. *LCOM (Lack of Cohesion Method)* adalah jumlah pasangan metode yang memiliki kemiripan 0.

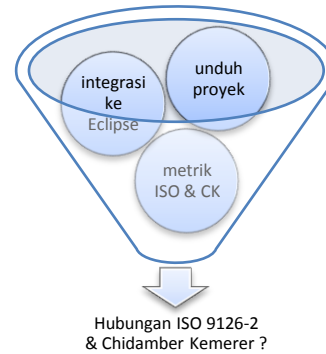
ISO 9126-2 adalah representasi kualitas karakteristik dan sub karakteristik ISO 9126-1 selama fase testing dan operasional. ISO 9126-2 menyediakan metrik eksternal yang memiliki banyak karakteristik yaitu antara lain fungsionalitas, kehandalan, kebergunaan, efisiensi, maintabilitas, portabilitas. Masing-masing karakteristik memiliki sub karakteristik yang memperjelas makna karakteristik-karakteristik tersebut. Karakteristik efisiensi memiliki sub karakteristik perilaku waktu, utilisasi sumber daya, pemenuhan efisiensi (*efficiency compliance*) dimana merupakan sub karakteristik yang akan diukur dalam penelitian ini. Berikut ini adalah tabel metrik-metrik dalam ISO 9126-2 karakteristik efisiensi

Tabel 1 Metrik dalam ISO 9126-2 karakteristik efisiensi

Metrik	Akronim
Waktu Tanggap	WT
rasio pemenuhan rata-rata waktu tanggap	RWT
rasio waktu tanggap kasus terburuk	RWTKT
waktu throughput	WTO
rasio pemenuhan rata-rata waktu throughput	RWTO
rasio waktu throughput kasus terburuk	RWTOKT
Waktu turnaround	WTAT
rasio pemenuhan rata-rata waktu turnaround	RWTAT
rasio waktu turnaround kasus terburuk	RWTATKT
kepuasan pemanfaatan Perangkat I / O	KPIO
Rasio pemenuhan rata-rata pemanfaatan I/O	RKPIO
Waktu tunggu pengguna i / O saat pemanfaatan perangkat	WTIO
Visibilitas pemanfaatan I / O	VPIO
Kasus terburuk pemanfaatan i / o	KTPIO
rasio rata-rata pemenuhan memori	RRPM
Visibilitas Pemanfaatan memori	VPM
kasus terburuk pemanfaatan memori	KTPM
rasio pemenuhan transmisi rata-rata	RPTR
kepuasan pemanfaatan kapasitas transmisi	KPKT
visibilitas pemanfaatan transmisi	VPT
pemanfaatan transmisi kasus terburuk	PTKT
Visibilitas sinkronisasi	VS
cakupan kepuasan item kepatuhan yang berkaitan dengan efisiensi	CKKE

3. METODOLOGI

Proyek aplikasi sumber terbuka berbasis Java SE digunakan sebagai sampel uji untuk menguji adanya hubungan antara metrik Chidamber & Kemerer dan karakteristik efisiensi pada ISO 9126. Gambar 1 adalah tahapan dalam penelitian ini



Gambar 1 tahapan penelitian

Langkah pertama adalah mengunduh kode sumber dari aplikasi sumber terbuka yang akan digunakan untuk sampel uji. Setelah itu file proyek di buka dengan Eclipse 4.2 untuk dilakukan pengecekan kelengkapan pustaka filenya. Setelah lengkap, kemudian program aplikasi tersebut dikompilasi dan dijalankan.

Kemudian pengukuran metrik Chidamber & Kemerer dari kode sumber aplikasi sumber terbuka dibuat dengan menggunakan aplikasi STAN4J. STAN4J merupakan plugin pada Eclipse yang mampu memberikan nilai metrik Chidamber & Kemerer dan beberapa nilai metrik lain dari sebuah kode program Java.

Langkah berikutnya adalah menguji efisiensi dari kode aplikasi sumber terbuka dengan membuat metrik yang sesuai dengan ISO 9126-2 karakteristik efisiensi. Untuk mengukur perilaku waktu diperlukan teknik khusus karena melibatkan satuan waktu milidetik. Jprofiler adalah aplikasi yang dapat mengukur perilaku waktu aplikasi sumber terbukasecara presisi. Jprofiler mencatat waktu kapan sebuah peristiwa dibaca dari user dan aktifitas *thread* yang terkait dengan peristiwa itu. Sehingga dengan Jprofiler dapat diketahui tingkat waktu tanggap, waktu *turnaround* dan *throughput* yang merupakan komponen utama dalam perilaku waktu.

Kemudian untuk mengukur utilisasi sumber daya diperlukan aplikasi untuk memonitor berapa lama penggunaan I/O, memori, aktifitas jaringan dari aplikasi sumber terbuka.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari adakah keterkaitan secara statistik antara metrik Chidamber & Kemerer dengan karakteristik efisiensi pada metrik ISO 9126-2. Sehingga hipotesis dalam

penelitian ini adalah **ada keterkaitan** secara statistik antara metrik-metrik dalam Chidamber & Kemerer dengan karakteristik efisiensi metrik ISO 9126-2 sub karakteristik perilaku waktudalam aplikasi sumber terbuka berbasis Java SE. Dengan menggunakan korelasi Spearman's Rank [4] dapat diukur tingkat korelasi antar metrik-metrik tersebut.

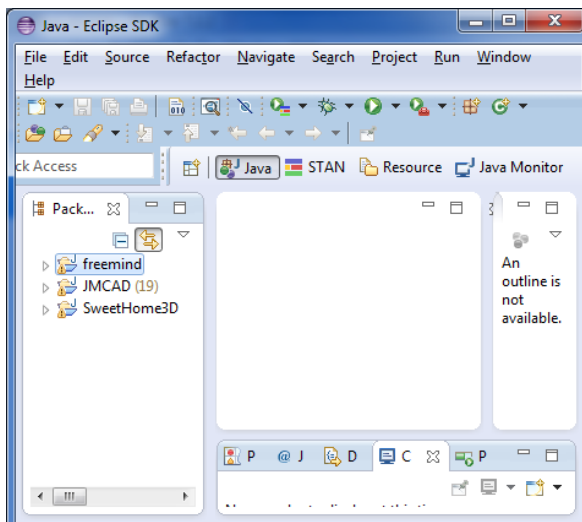
4. UJI COBA

Proses pengujian dalam penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan yaitu migrasi proyek ke dalam Eclipse, analisis metrik Chidamber & Kemerer, analisis metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi, analisis hubungan antara hasil metrik Chidamber & Kemerer dengan hasil metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi.

4.1. Proses Migrasi Ke Dalam Eclipse 4.2

Tahapan proses ini pertama adalah dengan cara mencari file kode sumber dari aplikasi yang dipilih dari Sourceforge. File-file tersebut kemudian diunduh dari server baik dari Sourceforge maupun server yang lain jika di Sourceforge tidak ada.

Setelah diunduh kemudian file dimigrasikan ke dalam Eclipse dengan mengikuti referensi yang ada. Langkah ini bervariasi tergantung kebutuhan dari aplikasi sumber terbuka. Ada yang menggunakan SVN namun juga ada yang menggunakan impor biasa. Setelah itu dilakukan proses kompilasi proyek dimana jika terdapat pustaka yang tidak lengkap harus dilengkapi terlebih dahulu, sampai kompilasi berhasil dan aplikasi dapat dijalankan secara sempurna. Gambar 2 adalah uji coba migrasi proyek sumber terbuka ke dalam Eclipse.



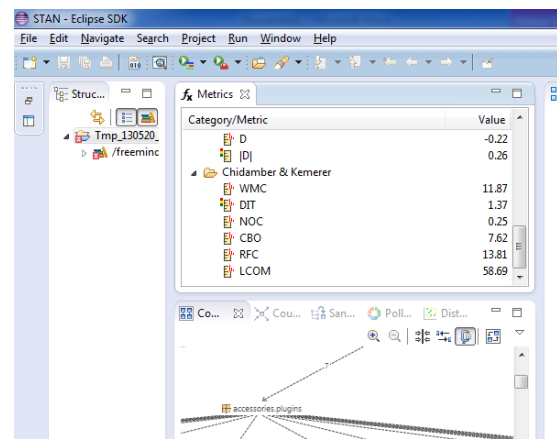
Gambar 2 adalah proyek sudah dimigrasi ke dalam Eclipse.

4.2. Proses Analisis Metrik Chidamber & Kemerer

Tahapan dalam proses ini yaitu mengukur metrik Chidamber & Kemerer dalam proyek aplikasi sumber terbuka. Dalam pengukuran ini menggunakan perangkat lunak STAN4J yang merupakan plugin dari Eclipse yang mampu memberikan hasil perhitungan nilai metrik Chidamber & Kemerer.

Proses pengukuran metrik dilakukan dengan cara melakukan analisis STAN pada proyek sumber terbuka yang dipilih, yang selanjutnya akan menampilkan nilai metrik Chidamber & Kemerer.

Gambar 3 menunjukkan hasil percobaan perhitungan nilai metrik Chidamber & Kemerer dari proyek sumber terbuka menggunakan analisis STAN4J.



Gambar 3 Hasil metrik Chidamber & Kemerer

4.3. Proses Analisis Metrik ISO 9126-2 Karakteristik Efisiensi

Proses ini dilakukan untuk mendapatkan nilai metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi. Dalam karakteristik efisiensi terdapat sub karakteristik yaitu perilaku waktu, utilisasi sumber daya, pemenuhan efisiensi yang masing-masing memerlukan teknik khusus dan sesuai dengan sub karakteristik.

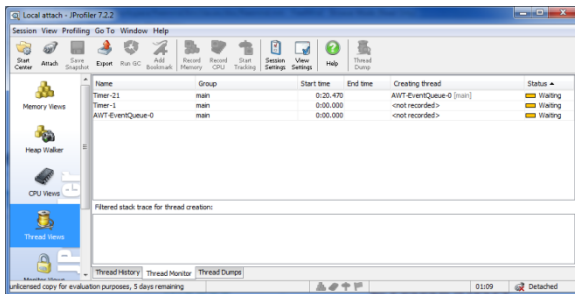
Proses ini dilakukan dengan cara manual yaitu dengan cara mencatat aktifitas dari *thread* yang ada dalam proses yang sedang berjalan dalam JVM (Java Virtual Machine). Sebagai contoh yaitu pencatatan dilakukan dengan cara menghitung selisih antara waktu mulai dengan waktu tanggap maupun dengan waktu selesai. Pencatatan ini menggunakan bantuan beberapa aplikasi yaitu JProfiler dan Perfmon. Secara lebih detail akan dijelaskan pada sub bab berikut ini:

4.3.1. Perilaku Waktu

Untuk melakukan pengukuran sub karakteristik ini diperlukan sebuah alat yang mencatat waktu secara presisi. Beberapa komponen utama dalam sub karakteristik ini yaitu: waktu tanggap, waktu *turnaround*, *throughput* yang memerlukan teknik khusus untuk mendapatkan nilai komponen-komponen tersebut.

Waktu tanggap[4] secara umum adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk melakukan proses sejak user melakukan aktifitas baik melalui keyboard, mouse, dll sampai dengan komputer melakukan respon pertama terhadap aksi user tersebut dalam satuan detik. Untuk mendapatkan respon pertama dari komputer tentunya tidak mudah karena terkadang respon yang tampak hanya respon dari layar monitor, akan tetapi bisa saja komputer sebetulnya sudah melakukan respon pertama sebelum tampil di layar monitor. Oleh sebab itu diperlukan aplikasi Jprofiler untuk mencatat respon pertama dari komputer. Respon pertama tersebut didapatkan Jprofiler dengan cara membaca respon dari *thread* yang tercatat dalam JVM (*Java Virtual Machine*) secara waktu nyata saat proyek aplikasi dijalankan. Kemudian dari hasil rekaman aktifitas JVM melalui Jprofiler tersebut dianalisis waktu tanggap, waktu *turnaround*.

Hasil analisa kemudian dimasukkan ke dalam metrik ISO 9126-2 dengan disesuaikan dengan formula yang ada dalam metrik tersebut. Gambar 4 adalah proses perekaman aktifitas *thread* pada JVM dengan aplikasi Jprofiler.



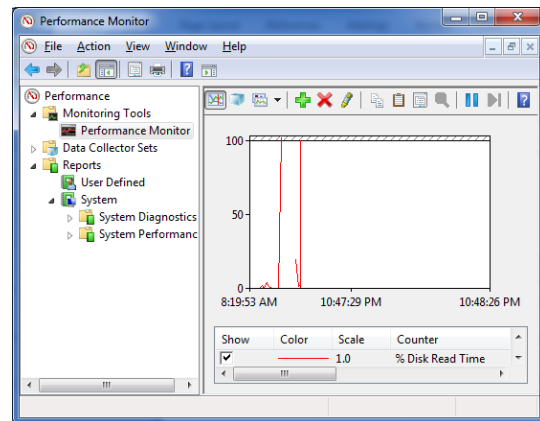
Gambar 4 Proses Perekaman aktifitas thread

4.3.2. Utilisasi Sumber Daya

Proses ini adalah pengukuran tingkat penggunaan resource baik I/O maupun penggunaan jaringan. Dalam melakukan pengukuran penggunaan I/O dan jaringan dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi Perfmon. Dengan Perfmon dapat diketahui tingkat penggunaan I/O dan jaringan dalam satuan waktu tertentu.

Dalam proyek sumber terbuka yang diteliti tidak memiliki arsitektur klien server sehingga hasil pengukuran tingkat penggunaan jaringan tidak perlu

dilakukan. Gambar 5 adalah pengukuran dengan aplikasi Perfmon.



Gambar 5 Pengukuran Tingkat Penggunaan Sumberdaya Dengan Perfmon

4.3.3. Metrik pemenuhan efisiensi

Adalah pengukuran tingkat ratio hasil terhadap standar yang telah ada sebelumnya, diukur berapa tingkat penyesuaian dengan standar yang sudah ditetapkan secara bersama oleh badan standar.

4.4. Analisis hubungan antara metrik Chidamber & Kemerer dengan ISO 9126-2 karakteristik efisiensi.

Proses selanjutnya adalah mencari hubungan antara metrik Chidamber & Kemerer dengan ISO 9126-2. Dengan menggunakan metode *Spearman rank* diukur tingkat keterkaitan antara variabel dalam metrik-metrik tersebut.

5. HASIL PERCOBAAN

Dengan menggunakan aplikasi yang telah dijelaskan sebelumnya, pengukuran aplikasi sumber terbuka telah dilakukan. Dari hasil pengujian aplikasi didapatkan hasil perilaku waktu yang lengkap. Akan tetapi aplikasi tidak memberikan indikator nilai pada metrik subkarakteristik utilisasi sumber dayasehingga bernilai 0.

Berikut ini adalah hasil dari pengukuran masing-masing aplikasi-aplikasi sumber terbuka tersebut.

Tabel 2 Nilai Metrik Aplikasi JMCAD

ISO 9126-2 Metric's	value	unit
Waktu Tanggap	0.19	s
rasio pemenuhan rata-rata waktu tanggap	0.74	%
rasio waktu tanggap kasus terburuk	0.44	%
waktu throughput	0.56	
rasio pemenuhan rata-rata waktu throughput	0.89	%
rasio waktu throughput kasus terburuk	0.75	%

Arwan dan Rochimah, Membangun Hubungan Antara Metrik Chidamber & Kemerer dengan Karakteristik Efisiensi pada ISO/IEC 9126-2 untuk Aplikasi Sumber Terbuka

Waktu turnaround	2.22	s
rasio pemenuhan rata-rata waktu turnaround	0.52	%
rasio waktu turnaround kasus terburuk	0.41	%
kepuasan pemanfaatan Perangkat I / O	0.4	%
Rasio pemenuhan rata-rata pemanfaatan I/O	0	%
waktu tunggu pengguna i / O saat pemanfaatan perangkat	0.4	S
Visibilitas pemanfaatan I / O	0	
Kasus terburuk pemanfaatan i / o	0	
rasio rata-rata pemenuhan memori	0	
Visibilitas Pemanfaatan memori	0	
kasus terburuk pemanfaatan memori	0	
rasio pemenuhan transmisi rata-rata	0	
kepuasan pemanfaatan kapasitas transmisi	0	
visibilitas pemanfaatan transmisi	0	
pemanfaatan transmisi kasus terburuk	0	
visibilitas sinkronisasi	0	
cakupan kepuasan item kepatuhan yang berkaitan dengan efisiensi	0	
Chidamber & Kemerer Metric	value	
WMC	9.63	
DIT	1.55	
NOC	0.47	
CBO	0.59	
RFC	6.49	
LCOM	4.32	

Tabel 3 Nilai Metrik Aplikasi Sweethome3d

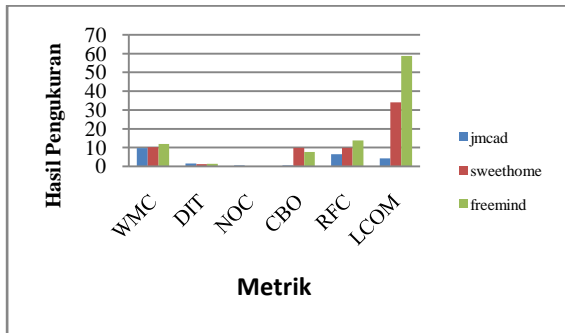
ISO 9126-2 Metric's	value	unit
Waktu Tanggap	00:07.3	s
rasio pemenuhan rata-rata waktu tanggap	0.96	%
rasio waktu tanggap kasus terburuk	0.93	%
waktu throughput	0.10	
rasio pemenuhan rata-rata waktu throughput	0.478	%
rasio waktu throughput kasus terburuk	0.555	%
Waktu turnaround	15.00	s
rasio pemenuhan rata-rata waktu turnaround	0.773	%
rasio waktu turnaround kasus terburuk	0.86	%
kepuasan pemanfaatan Perangkat I / O	0.92	%
Rasio pemenuhan rata-rata pemanfaatan I/O	0	%
waktu tunggu pengguna i / O saat pemanfaatan perangkat	1	s
Visibilitas pemanfaatan I / O	0	
Kasus terburuk pemanfaatan i / o	0	
rasio rata-rata pemenuhan memori	0	
Visibilitas Pemanfaatan memori	0	
kasus terburuk pemanfaatan memori	0	
rasio pemenuhan transmisi rata-rata	0	
kepuasan pemanfaatan kapasitas transmisi	0	
visibilitas pemanfaatan transmisi	0	

pemanfaatan transmisi kasus terburuk	0	
visibilitas sinkronisasi	0	
cakupan kepuasan item kepatuhan yang berkaitan dengan efisiensi		
Chidamber & Kemerer Metric	value	
WMC	10.1	
DIT	1.12	
NOC	0.11	
CBO	9.8	
RFC	9.85	
LCOM	34.07	

Tabel 4 Nilai Metrik Aplikasi Freemind

ISO 9126-2 Metric's	value	unit
Waktu Tanggap	00:02.1	s
rasio pemenuhan rata-rata waktu tanggap	0.44	%
rasio waktu tanggap kasus terburuk	0.57	%
waktu throughput	0.07	
rasio pemenuhan rata-rata waktu throughput	0.59	%
rasio waktu throughput kasus terburuk	0.72	%
Waktu turnaround	16.41	s
rasio pemenuhan rata-rata waktu turnaround	0.76	%
rasio waktu turnaround kasus terburuk	0.53	%
kepuasan pemanfaatan Perangkat I / O	0.40	%
Rasio pemenuhan rata-rata pemanfaatan I/O	0.00	%
waktu tunggu pengguna i / O saat pemanfaatan perangkat	0.30	s
Visibilitas pemanfaatan I / O	0.00	
Kasus terburuk pemanfaatan i / o	0.00	
rasio rata-rata pemenuhan memori	0.00	
Visibilitas Pemanfaatan memori	0.00	
kasus terburuk pemanfaatan memori	0.00	
rasio pemenuhan transmisi rata-rata	0.00	
kepuasan pemanfaatan kapasitas transmisi	0.00	
visibilitas pemanfaatan transmisi	0.00	
pemanfaatan transmisi kasus terburuk	0.00	
visibilitas sinkronisasi	0.00	
cakupan kepuasan item kepatuhan yang berkaitan dengan efisiensi	0.00	
Chidamber & Kemerer Metric	value	
WMC	11.87	
DIT	1.37	
NOC	0.25	
CBO	7.62	
RFC	13.81	
LCOM	58.69	

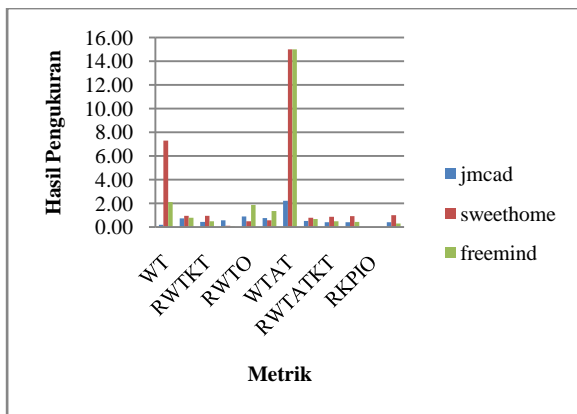
Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran metrik Chidamber & Kemerer aplikasi sumber terbuka.



Gambar 6 Hasil pengukuran metrik Chidamber & Kemerer

Grafik pada Gambar 6 menggambarkan hasil pengukuran dari metrik Chidamber & Kemerer tanpa dilihat perbedaan satuan. Hal ini dilakukan karena yang akan diukur hanyalah tingkat korelasi perubahan peringkat antara metrik saja.

Berikut ini adalah hasil pengukuran metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi sub karakteristik perilaku waktu.

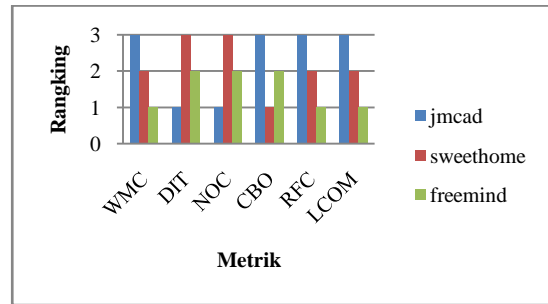


Gambar 7 Hasil Pengukuran Metrik ISO 9126-2

Grafik pada Gambar 7 menggambarkan hasil pengukuran dari metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi sub karakteristik perilaku waktu tanpa melihat perbedaan satuan. Hal ini dilakukan karena yang akan diukur hanyalah tingkat korelasi perubahan peringkat antara metrik.

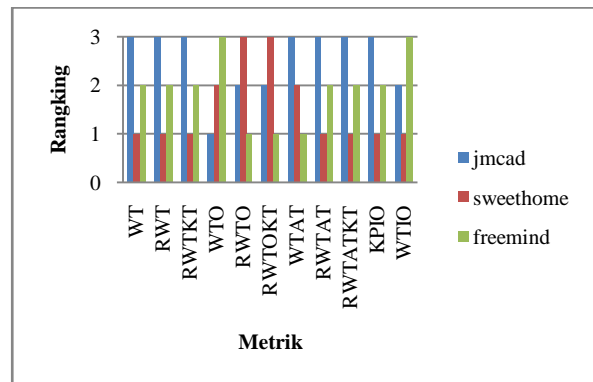
Berikut ini adalah grafik pemeringkatan hasil pengukuran metrik Chidamber & Kemerer aplikasi sumber terbuka.

Grafik Gambar 8 menjelaskan urutan peringkat hasil pengukuran aplikasi sumber terbuka, sebagai contoh untuk metrik WMC peringkat 1 adalah aplikasi Freemind, peringkat 2 adalah aplikasi Sweethome3d dan peringkat 3 adalah aplikasi Jmcad. Begitu seterusnya untuk setiap metrik yang ada.



Gambar 8 Grafik pemeringkatan hasil pengukuran Metrik Chidamber & Kemerer

Selanjutnya berikut ini adalah grafik pemeringkatan hasil pengukuran metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi sub karakteristik perilaku waktu.



Gambar 9 Grafik pemeringkatan hasil pengukuran Metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi sub karakteristik perilaku waktu

Grafik Gambar 9 menjelaskan urutan peringkat hasil pengukuran aplikasi sumber terbuka, sebagai contoh untuk metrik WT peringkat 1 adalah aplikasi Sweethome3d, peringkat 2 adalah aplikasi Freemind dan peringkat 3 adalah aplikasi Jmcad. Begitu seterusnya untuk setiap metrik yang ada.

Dari 2 hasil pemeringkatan diatas dapat dilihat secara visual urutan ranking aplikasi sumber terbuka yang sama seperti misalnya RFC dengan WTAT, LCOM dengan WTAT, WMC dengan WTAT dst. Akan tetapi persamaan urutan ranking masih harus dibuktikan dengan melakukan perhitungan korelasi Spearman's rank untuk mengetahui seberapa kuat tingkat korelasinya.

Berikut ini adalah hasil perhitungan korelasi Spearman's rank antara metrik Chidamber & Kemerer dengan metrik ISO 9126-2 karakteristik efisiensi sub karakteristik perilaku waktu.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Korelasi Spearman's Rank

	Response Time	Mean Response fulfillment ratio	Worst Case Response time ratio	Throughput time	Mean Throughput time fulfillment ratio	Worst Case throughput ratio	Turnaround time	Mean Turnaround time fulfillment ratio	Worst Case Turnaround time ratio
WMC	0.5	-0.5	0.5	-1	-0.5	-0.5	1	0.5	0.5
DIT	-1	-0.5	-1	0.5	1	1	-0.5	-1	-1
NOC	-1	-0.5	-1	0.5	1	1	-0.5	-1	-1
CBO	1	0.5	1	-1	-1	-0.5	0.5	0.5	1
RFC	0.5	-0.5	0.5	-1	-0.5	-0.5	1	0.5	0.5
LCOM	0.5	-0.5	0.5	-1	-0.5	-0.5	1	0.5	0.5

Perhitungan korelasi antar metrik menunjukkan hasil yang bervariasi. Nilai negatif satu menunjukkan adanya hubungan yang kuat dan berlawanan arah antara metrik satu dengan yang lain, jika metrik yang satu bernilai positif atau naik maka metrik satunya bernilai sebaliknya yaitu negatif atau turun. Sedangkan positif satu menunjukkan adanya hubungan yang lurus dan sangat kuat antara metrik satu dengan metrik lain. Jika metrik satu bernilai positif atau naik maka metrik lainnya juga bernilai positif atau naik. Nilai nol menunjukkan tidak adanya keterkaitan antara metrik satu dengan metrik yang lain. Tingkat korelasi yang dianggap signifikan adalah satu karena data kurang dari 5 sehingga nilai selain -1,0,1 diabaikan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dengan korelasi *Spearman's rank* dapat diambil kesimpulan bahwa metrik yang berkaitan erat dan berbanding lurus adalah:

1. CBO dengan waktu tanggap, rasio pemenuhan rata-rata waktu tanggap, rasio waktu tanggap kasus terburuk.
2. NOC dan DIT berkaitan erat dengan rasio pemenuhan rata-rata waktu *throughput*, rasio waktu *throughput* kasus terburuk.
3. WMC, RFC dan LCOM berkaitan erat dengan waktu *turnaround*.

Sedangkan metrik yang berkaitan erat namun berbanding terbalik adalah:

1. Waktu tanggap dengan DIT dan NOC, rasio pemenuhan rata-rata.
2. Rasio waktu tanggap kasus terburuk dengan DIT dan NOC.
3. Waktu *throughput* dengan WMC, CBO, RFC, LCOM.
4. Rasio pemenuhan rata-rata waktu *throughput* dengan CBO.
5. Rasio pemenuhan rata-rata waktu *turnaround* dengan DIT dan NOC.

6. Rasio waktu *turnaround* kasus terburuk dengan DIT dan NOC.

Dengan demikian hipotesis penelitian ini terbukti hasilnya bahwa ada keterkaitan antara metrik Chidamber dan Kemerer dengan ISO 9126-2 karakteristik efisiensi subkarakteristik perilaku waktu.

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan meningkatkan jumlah sampel aplikasi sumber terbuka sehingga dapat meningkatkan validitas hubungan antara Chidamber Kemerer dengan ISO 9126-2 karakteristik efisiensi maupun dengan karakteristik-karakteristik lain dalam ISO 9126-2.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. Chidamber and C. F. Kemerer, "A Metrics Suite for Object-Oriented Design," IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 20, no. 6, pp. 476–493, 1994
- [2] Benjamin Zeiss, Diana Vega, Ina Schieferdecker, "Applying the ISO 9126 Quality Model to Test Specifications".
- [3] Henrike Barkmann, Rüdiger Lincke and Welf Löwe, "Quantitative Evaluation of Software Quality Metrics in Open-Source Projects", IEEE, 2009 International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2009
- [4] Shneiderman, B., *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 3rd ed., Addison-Wesley, Reading, MA, 1998
- [5] C. Spearman, "The proof and measurement of association between two things," The American Journal of Psychology, vol. 100, no. 3/4, pp. 441–471, 1987.