

# PENGARUH POLA HUBUNGAN PENGEMBANG PADA EVOLUSI PERANGKAT LUNAK

Nanang Yudi Setiawan, Reza Andria S

Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya

Jalan Veteran Malang

(0341) 575 819

Email: nanang@ub.ac.id, reza@ub.ac.id

## ABSTRAK

*Pola hubungan antara individu dalam sebuah pekerjaan, dapat mempengaruhi tingkat ketercapaian pekerjaan dan kualitas produk yang dihasilkan. Hipotesa tersebut menjadi latar belakang dalam penelitian ini untuk menyelidiki pengaruh pola hubungan dalam interaksi antar pengembang terhadap evolusi sebuah perangkat lunak. Pemanfaatan rekam data dalam rekayasa perangkat lunak telah digunakan secara luas untuk mempelajari dan meningkatkan kualitas proses pengembangan perangkat lunak. Pola hubungan antar pengembang dapat diekstraksi dari event log (catatan kejadian) dengan menggunakan teknik-teknik process mining yang menggabungkan konsep manajemen proses bisnis dan analisa jejaring sosial (social network analysis, SNA). Pola hubungan pengembang sebagai individu dalam komunitas, diukur secara kuantitatif melalui pendekatan yang didasarkan pada metrik SNA yang meliputi pola: (1) aktivitas dalam hubungan sebab-akibat (causality), (2) aktivitas dalam kasus yang berhubungan (joint cases), (3) aktivitas yang serupa (similar task), dan (4) aktivitas dalam kasus tertentu (special event). Sedangkan evolusi perangkat lunak diamati dari produk pengembang untuk jumlah fitur baru, jumlah bug yang ditangani, penyempurnaan fitur (enhancement), dan permintaan dukungan (support request) yang berhasil diselesaikan. Dengan menggunakan metode Partial Least Sqare (PLS), dapat disimpulkan bahwa pada studi kasus yang digunakan, pola hubungan sebab akibat memiliki tingkat signifikansi yang paling baik terhadap evolusi perangkat lunak dengan nilai p-value 9.022E-15.*

**Kata Kunci:** Evolusi perangkat lunak, proses mining, PLS, proses bisnis, analisa jejaring sosial.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam penelitian rekayasa perangkat lunak pengaruh perubahan perangkat lunak dapat dipandang dari dua aspek, yaitu aspek teknis dan aspek sosial. Telah banyak dilakukan penelitian berkaitan dengan perubahan secara teknis, mulai dari penelusuran (tracking) dan proses perawatan (maintenance). Namun belum banyak dilakukan penelitian yang berkaitan dengan aspek sosial dalam proses evolusi perangkat lunak. Salah satu penelitian berkaitan dengan aspek sosial dilakukan dengan melalui studi empiris pada proses evolusi perangkat lunak berbasis open source untuk memahami dampak komunikasi dan interaksi antar pengembang dalam komunitas terhadap proses evolusi perangkat lunak [1]. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa aspek sosial memiliki dampak yang signifikan terhadap ekosistem pengembangan perangkat lunak di sepanjang waktu.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Hong [2], menunjukkan pola interaksi antar pengembang yang bersifat tidak langsung dapat membentuk jejaring sosial antar pengembang (developer social network, DSN) dan memiliki pengaruh dalam proses evolusi perangkat lunak. Hong mengamati bahwa interaksi antar pengembang dalam DSN mengalami perubahan secara terus menerus seiring dengan pertumbuhan

jumlah anggota dalam komunitas dan keanekaragaman fitur yang dihasilkan dari setiap individu yang aktif dalam pengembangan perangkat lunak tersebut.

Aliran kerja dalam pengembangan dan evolusi perangkat lunak dapat dipandang sebagai bisnis proses yang dijalankan untuk menghasilkan produk perangkat lunak. Process mining (teknik penambangan proses) merupakan teknik untuk melakukan analisa data suatu proses bisnis berdasarkan catatan kejadian atau peristiwa [3]. Proyek perangkat lunak menggunakan kaskas bantu untuk pencatatan pekerjaan, waktu pekerjaan dilakukan, perubahan yang dilakukan dan individu/tim yang bertanggung jawab terhadap pekerjaan. Ekstraksi informasi diperoleh dengan teknik penambangan proses pada catatan kejadian yang merekam hubungan masing-masing individu melalui aktivitas-aktivitas yang dikerjakannya. Hasil dari penambangan proses menggambarkan pola atau model hubungan setiap individu yang terlibat dalam sebuah proyek pengembangan perangkat lunak.

Evolusi perangkat lunak dapat diukur dari banyaknya perubahan yang terjadi pada sebuah perangkat lunak. Perubahan tersebut dapat diamati melalui jumlah bug yang diselesaikan, fitur baru yang telah dibangun, peningkatan fitur sistem, serta dukungan terhadap operasional perangkat lunak

dalam penyelesaian permasalahan-permasalahan organisasi.

Berdasarkan ukuran keterpusatan (*centrality*) dalam analisa jejaring sosial, dapat diketahui posisi setiap individu dalam komunitas. SNA dapat digunakan untuk mengamati, apa saja peranan setiap individu pada sejumlah perubahan yang terjadi pada perangkat lunak. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan mengusulkan pendekatan untuk mengamati pengaruh pola hubungan pengembang terhadap jumlah isu yang berhasil diselesaikan sebagai indikator proses evolusi yang berlangsung pada pengembangan perangkat lunak yang diamati. Peneliti mengukur tingkat korelasi antara pola interaksi sosial dan produk yang dihasilkan setiap individu melalui metode regresi partial least square (PLS). PLS merupakan sebuah metode untuk membangun model prediktif untuk banyak factor yang colinier.

Tulisan ini dibagi menjadi 5(lima) bagian. Latar belakang permasalahan dikemukakan pada bagian 1. Pada bagian 2 dipaparkan metode ekstraksi data dengan menggunakan teknik penambangan proses. Pembentukan model dijelaskan pada bagian 3, dilanjutkan dengan evaluasi dan analisa yang dijabarkan pada bagian 4. Pada akhir tulisan disampaikan kesimpulan sebagai hasil penelitian.

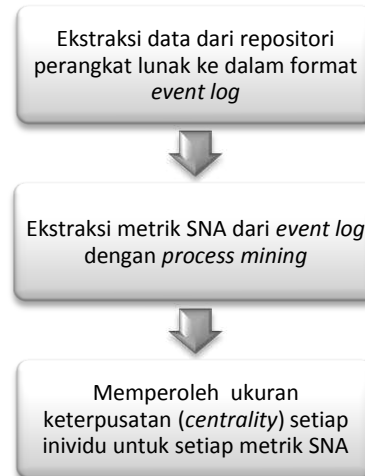
## 2. PENAMBANGAN PROSES

Penambangan proses digunakan untuk mendapatkan pola interaksi antar individu berdasarkan catatan aktivitas dalam sebuah proyek perangkat lunak. Aktivitas pengembang perangkat lunak senantiasa tercatat dalam repositori seperti perangkat sistem kontrol versi, pelacak bug maupun dalam sistem manajemen proyek. Poncin [4] mengusulkan penerapan teknik penambangan proses. Teknik ini pada awalnya dikembangkan untuk analisis proses bisnis yang kemudian dapat diterapkan pula untuk mengekstraksi informasi proses bisnis dari repositori perangkat lunak.

Untuk penerapan teknik penambangan proses, setiap variabel data dalam repositori tersebut diekstraksi berdasarkan hubungannya dengan tahapan-tahapan pengembangan perangkat lunak. Tahapan penambangan proses terdiri dari dua bagian, yaitu melakukan ekstraksi data ke dalam format catatan kejadian dan dilanjutkan dengan proses transformasi ke dalam bentuk sociogram sesuai dengan metrik hubungan yang dianalisa. Metode dan tahapan penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.

### 2.1 Dataset

Aktivitas pengembang perangkat lunak senantiasa tercatat dalam repositori perangkat lunak seperti perangkat sistem kontrol versi, pelacak bug maupun dalam sistem manajemen proyek. Pada pe-



**Gambar 1.** Tahapan Analisa Jejaring Sosial Melalui Teknik Penambangan Proses

**Tabel 1.** Deskripsi Data Penelitian

Uraian	Jumlah
Jumlah kejadian ( <i>event</i> )	5925
Jumlah kasus	429
Jumlah pengembang	31
Jumlah aktivitas unik	22
Lama perekaman	3 bulan

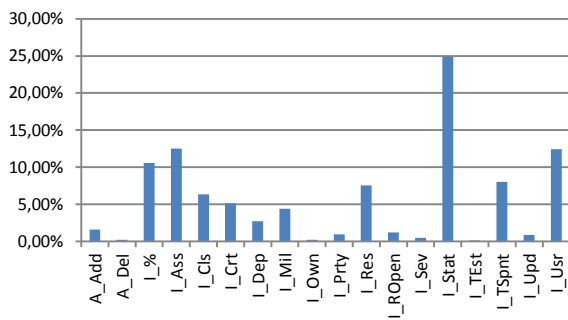
**Tabel 2.** Data Pengembang

Uraian	Jumlah
Jumlah manajer	4
Anggota Div. Aplikasi	6
Anggota Div. Integrasi	8
Anggota Div. Dukungan Teknis	7

nelitian ini digunakan repositori yang didapatkan dari mitra Telkom Solutions sebagai pengembang perangkat lunak SIAP Online. Dataset yang diperoleh merupakan catatan-catatan aktivitas pengembangan aplikasi tersebut untuk versi 2.0 yang memiliki informasi metadata seperti tampak pada Tabel 1.

### 2.2 Ekstraksi Catatan Kejadian

Topik penambangan repositori perangkat lunak (Mining Software Repository, MSR) adalah menganalisa dan mengantarhubungkan data yang tersedia dalam repositori perangkat lunak untuk mengungkap informasi penting dan berguna bagi proses pengembangan dan peningkatan kualitas perangkat lunak. Contoh repositori perangkat lunak yaitu: (1) repositori riwayat yang memuat catatan evolusi dan capaian perangkat lunak, (2) repositori run-time yang memuat catatan eksekusi dan penggunaan aplikasi, dan (3) repositori kode yang memuat sumber kode dari berbagai aplikasi oleh beberapa pengembang [5].



Gambar 2. Grafik Sebaran Aktivitas

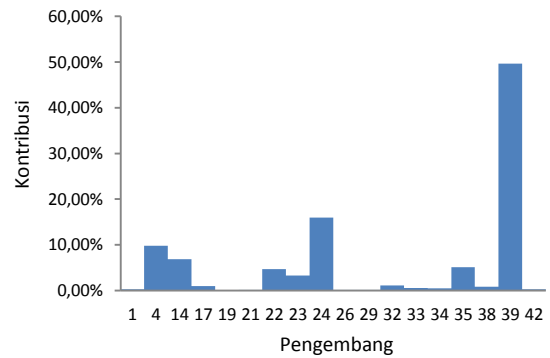
Pola hubungan antar pengembang, nampak pada aktivitas-aktivitas pengembangan perangkat lunak yang tercatat dalam repositori arsip. Untuk dapat dianalisa dengan teknik penambangan proses, urutan aktivitas tersebut dikonversi dalam format catatan kejadian yang terdiri atas atribut kasus, kejadian (event), aktivitas, pelaku (originator), dan periode atau waktu kejadian. Kakas bantu ProM Import digunakan untuk menyusun catatan kejadian dari basis data repositori perangkat lunak dimana data penelitian ini diperoleh.

Pelaku yang terekam dalam catatan kejadian, merupakan individu dalam komunitas pengembang yang dapat dikategorikan menjadi empat kelompok, yaitu: pengguna (non anggota), reporter, manager, dan pengembang. Sedangkan jenis perubahan perangkat lunak yang ditangani, dikategorikan menjadi: bug, feature, support, dan enhancement. Dari ekstraksi catatan kejadian, dihasilkan sebaran aktivitas pengembang perangkat lunak seperti tampak dalam Gambar 2. Sedangkan dalam Gambar 3, ditunjukkan sebaran kontribusi pengembang berdasarkan aktivitas yang dikerjakan.

### 2.3 Analisa Jejaring Sosial

Dengan menempatkan pengembang sebagai individu dalam jaringan, metrik hubungan antar pengembang disusun menggunakan metode analisa jejaring sosial. Metode ini menampilkan relasi sosial dalam bentuk teori jejaring yang mengandung parameter nodes dan arcs (seperti halnya graf). Nodes (simpul) menunjukkan aktor atau individu dalam sebuah jaringan, sedangkan arcs (busur) merupakan relasi antar individu. Dalam bentuk sederhana, jejaring sosial merupakan peta relasi yang spesifik antara setiap simpul yang akan diamati.

Menurut Aalst, teknik penambangan proses dengan menggali SNA dari catatan kejadian dapat menghasilkan pola interaksi antar individu yang dikategorikan menjadi empat metrik utama yaitu: causality, joint cases, joint activities, dan special event [6]. Untuk setiap metrik SNA, dapat dirinci dalam metrik-metrik seperti ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 3. Grafik Sebaran Pengembang

Tabel 3. Metrik Analisa Jejaring Sosial Dalam Teknik Penambangan Proses

Pola Aktivitas	Metrik
Aktivitas dalam hubungan sebab-akibat ( <i>causality</i> )	<i>Handover of Work</i>
	<i>Subcontracting</i>
Aktivitas dalam kasus yang berhubungan ( <i>joint cases</i> )	<i>Working Together</i>
Berfokus pada aktivitas yang dikerjakan ( <i>joint activities</i> )	<i>Similar Task</i>
Aktivitas dalam kejadian khusus ( <i>special event</i> )	<i>Reassigning</i>

Berikut ini deskripsi untuk setiap metrik SNA dalam teknik penambangan proses.

- *Handover of work*: metrik yang merujuk pada bagaimana suatu aktivitas dalam pengembangan perangkat lunak berproses dari pengembang yang satu ke pengembang yang lain dalam menangani kasus yang sama. Melalui metrik ini diketahui pula kausal ketergantungan antara dua aktivitas yang dikerjakan setiap pengembang.
- *Subcontracting*: melalui metrik ini dapat diamati frekuensi pengembang dalam mengeksekusi suatu aktivitas yang berada diantara dua aktivitas lain yang dikerjakan oleh pengembang yang lain.
- *Working together*: melalui metrik ini dapat diamati frekuensi pengembang dalam menyelesaikan tugasnya untuk kasus yang sama. Pengembang yang bekerja sama dalam suatu kasus, memiliki nilai relasi yang lebih tinggi dibandingkan yang jarang bekerja sama.
- *Similar task*: melalui metrik ini dapat diamati profil seorang pengembang yang didasarkan pada frekuensi pengembang tersebut dalam menyelesaikan suatu aktivitas yang spesifik. Asumsi yang disampaikan adalah pengembang yang menjalankan aktivitas yang serupa akan memiliki nilai relasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengembang yang melakukan aktivitas yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini, metode pengukuran jarak antara

dua profil pengembang yang dipilih adalah *correlation coefficient*.

- *Reassignment*: dalam metrik ini dapat diamati bagaimana pengembang menugaskan kembali suatu aktivitas pada pengembang yang lain (*reassign*). Melalui metrik ini juga nampak bagaimana kekuatan relasi yang secara eksplisit muncul sebagai dampak dari hubungan hirarki.

Untuk mengetahui posisi dari setiap individu dalam jaringan, digunakan ukuran centrality (keterpusatan). Dalam penelitian ini, ditetapkan beberapa jenis keterpusatan dalam SNA dengan mempertimbangkan fungsi pengamatan yang dibutuhkan. Metrik individu yang dimaksud adalah *degree*, *betweenness*, *closeness*, *hub and authority*, dan *eigenvector centrality*.

- *Degree centrality* (DEG), dapat didefinisikan sebagai jumlah hubungan berdasarkan sebuah simpul (misal, jumlah busur yang dimiliki simpul).
  - *In-Degree*, merupakan jumlah busur yang mengarah pada simpul, dan
  - *Out-Degree*, merupakan jumlah busur yang mengarahkan simpul ke simpul yang lain.

Nilai keterpusatan derajat yang tinggi, dapat menunjukkan kesempatan yang lebih besar baik untuk menerima maupun menyebarkan informasi kepada pengembang lainnya dalam jaringan.

- *Betweenness centrality* (BW), dapat menunjukkan ukuran keterpusatan suatu simpul dalam jaringan. Mengukur seberapa sering suatu simpul bertindak sebagai jembatan pada jalur terpendek antara dua simpul. Untuk mengamati individu yang paling menonjol dalam kendali aliran informasi suatu jaringan, dapat ditunjukkan melalui nilai keterpusatan antara yang paling besar.
- *Closeness centrality* (CLS), dapat menunjukkan tingkat kepentingan suatu simpul dalam jaringan didasarkan pada ukuran kedekatan lokasi simpul tersebut dengan setiap simpul yang lain dalam jaringan. Nilai keterpusatan yang rendah, dapat menunjukkan kemudahan simpul tersebut ke hampir semua simpul lain atau sebaliknya.
- *Hub and Authority* (HIT), dapat menunjukkan entitas yang direferensi oleh entitas lain sebagai yang berwenang (memiliki otoritas). Jika seorang pengembang memiliki sejumlah relasi yang mengarah padanya, dapat dikatakan bahwa pengembang tersebut memiliki nilai otoritas tinggi dibandingkan pengembang lainnya.
- *Eigenvector centrality* (EI), dapat menunjukkan tingkat kepentingan simpul dalam suatu jaringan dengan menetapkan skor pada semua simpul dalam jaringan berdasarkan prinsip bahwa koneksi ke simpul berskor tinggi memberi kontribusi yang besar dibandingkan koneksi ke simpul yang berskor rendah. Individu dengan

**Tabel 4.** Hubungan Interaksi *Handover of Work*

ID	DEG	BW	CLS	HIT	EI
39	0.882	0.17	0.882	0.601	0.647
24	0.294	0.009	0.529	0.246	0.419
14	0.235	0.015	0.509	0.228	0.42
4	0.235	0.029	0.509	0.428	0.302
22	0.176	0.006	0.49	0.246	0.169

**Tabel 5.** Hubungan Interaksi *Subcontracting*

ID	DEG	BW	CLS	HIT	EI
39	0.353	0.058	0.353	0	0.133
14	0.118	0	0.269	0	0.492
24	0.059	0	0.193	0.408	0.608
33	0.059	0	0.193	0.408	0.203
42	0.059	0	0.222	0	0.203

**Tabel 6.** Hubungan Interaksi *Working Together*

ID	DEG	BW	CLS	HIT	EI
39	1	45.986	1	0.489	0.604
4	0.588	18.744	0.708	0.396	0.306
24	0.412	11.041	0.63	0.251	0.239
35	0.412	14.361	0.63	0.319	0.212
22	0.353	12.919	0.607	0.278	0.206

**Tabel 7.** Hubungan Interaksi *Similar Task*

ID	DEG	BW	CLS	HIT	EI
17	1	224.286	1	0.236	0.115
38	1	85.527	1	0.236	0.268
14	0.941	141.573	0.944	0.236	0.273
32	0.941	85.941	0.944	0.236	0.236
1	0.706	34.381	0.773	0.236	0.273

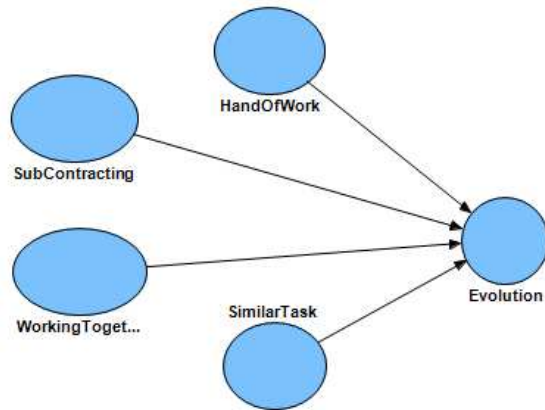
**Tabel 8.** Hubungan Interaksi *Reassignment*

ID	DEG	BW	CLS	HIT	EI
1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0

nilai *eigenvector* yang tinggi merupakan para pimpinan dalam jaringan (atau figur publik dengan banyak koneksi ke individu berprofil tinggi lainnya).

Berdasarkan proses SNA yang dilakukan, didapatkan nilai keterpusatan setiap pengembang yang menunjukkan pola hubungan pengembang untuk setiap metrik, seperti tampak pada Tabel 4, 5, 6, 7, dan 8. Dari 18 individu yang diamati, ditunjukkan 5 sampel individu setiap metrik SNA.

Untuk keterpusatan *degree* dan *closeness*, pengamatan dikhususkan pada koneksi individu yang mengarah ke individu lainnya dalam jaringan. Sedangkan pada metrik keterpusatan *hub and authority*, pengamatan difokuskan pada pengaruh aspek otoritas pengembang pada pola interaksi yang



Gambar 4. Model Interaksi Antar Variabel

terjadi. Dari kumpulan data yang dimiliki, didapat bahwa aktivitas yang mengarah pada interaksi *reassignment* (penugasan kembali) tidak ditemukan. Hal tersebut nampak dari tidak adanya interaksi antara dua individu dalam penyelesaian aktivitas yang sama dengan salah satu atau keduanya menjalankan kejadian khusus.

### 3. MODEL INTERAKSI

Pengaruh interaksi pengembang diukur dengan menggunakan pendekatan statistika melalui metode *Partial Least Square* (PLS) [7]. Untuk mengukur interaksi, diperlukan sebuah model dasar yang menggambarkan korelasi antara interaksi pengembang terhadap perubahan perangkat lunak.

Pada penelitian ini, pengaruh variabel eksogenous terhadap variabel endogenous dalam PLS menunjukkan pengaruh pola hubungan terhadap evolusi yang dimodelkan seperti tampak pada Gambar 4.

Berdasarkan model yang digambarkan didapatkan 4 variabel yaitu:

- *HOW* (*handover of work*), pola hubungan dengan mekanisme pendelegasian aktivitas dalam pengaruhnya terhadap perubahan perangkat lunak,
- *SC* (*subcontracting*), yaitu pola interaksi dengan mekanisme sub kontrak dalam pengaruhnya terhadap perubahan perangkat lunak,
- *WT* (*working together*), pola interaksi dengan mekanisme *WT* dalam pengaruhnya terhadap perubahan perangkat lunak, dan
- *ST* (*similar task*), pola interaksi dengan mekanisme penyelesaian tugas yang sama dalam pengaruhnya terhadap perubahan perangkat lunak.

### 4. EVALUASI DAN ANALISA

#### 4.1 Pemeriksaan Model Pengukuran

Tabel 9. Nilai Outer Loading Variabel *Evolution*

Indikator	Outer Loading
Bug	0.8799
Feature	0.8692
Support	0.8316
Enhancement	0.9242

Tabel 10. Nilai *Outer Loading* metrik SNA

Variabel	Indikator	Outer Loading
<i>Handover Of Work</i>	DEG	0.9733
	BW	0.9218
	CLS	0.8355
	HIT	0.9318
	EI	0.9127
<i>Subcontracting</i>	DEG	0.4112
	BW	-0.1609
	CLS	0.3278
	HIT	0
	EI	0.9945
<i>Working Together</i>	DEG	0.9834
	BW	0.8593
	CLS	0.9103
	HIT	-0.0202
	EI	0.4123
<i>Similar Task</i>	DEG	0.9945
	BW	0.9891
	CLS	0.984
	HIT	0.9445
	EI	0.9723

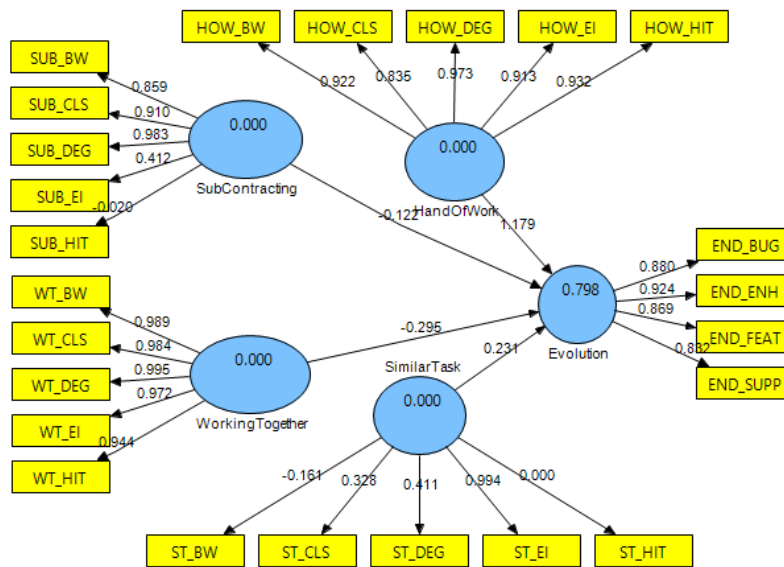
Berdasarkan model yang telah disusun dalam penelitian, terdapat 5 variabel laten dan 30 indikator. Seluruh variabel laten memiliki indikator yang bersifat reflektif. Pemeriksaan pada model variabel laten ditujukan untuk mengidentifikasi indikator yang paling dominan.

#### 4.1.1 Variabel Versi

Indikator variabel terikat versi perangkat lunak (evolusi) terdiri dari 4 variabel terikat yaitu *bug*, *feature*, *support* dan *enhancement*. Nilai *outer loading* untuk setiap indikator *Evolution* disajikan seperti tampak pada Tabel 9. Berdasarkan Tabel 9, nilai *outer loading* terbesar dimiliki oleh indikator *Enhancement*. Sehingga dapat dikatakan bahwa indikator *Enhancement* adalah faktor yang paling berkontribusi terhadap perubahan perangkat lunak.

#### 4.1.2 Variabel *Sub Contract*, *Handover*, *Working Together*, *Similar Task* dan *Reassignment*

Indikator variabel terikat meliputi *HOW*, *SC*, *WT*, dan *ST* yang merepresentasikan pola hubungan individu dengan masing-masing variabel memiliki variabel keterpusatan *DEG*, *BW*, *CLS*, *HIT*, dan *EI*. Mengingat metrik *Reassignment* tidak nampak dalam



Gambar 5. Simulasi dengan menggunakan SmartPLS

Tabel 11. Nilai AVE Setiap Variabel

Variabel	AVE
Evolution	0.7689
Handover	0.8393
Subcontract	0.5409
Working Together	0.9546
Similar Task	0.2583

Tabel 12. Nilai R-Square Setiap Variabel

Variabel	R-Square
Evolution	0.7982
Handover	0
Subcontract	0
Working Together	0
Similar Task	0

dataset yang diteliti, maka variabel tersebut tidak disertakan dalam analisa PLS. Hasil analisa PLS menunjukkan nilai *outer loading* setiap faktor seperti nampak dalam Tabel 10.

Dalam Tabel 9, didapatkan pula informasi indikator yang paling berkontribusi dalam setiap variabel. Untuk variabel HOW, indikator yang paling berkontribusi adalah DEG yang menunjukkan pola interaksi pengembang melalui banyaknya hubungan pengembang ke dan dari pengembang lainnya dengan nilai *outer loading* 0.9733. Hal ini menandakan indikator DEG lebih berpengaruh terhadap HOW karena memiliki nilai *outer loading* yang lebih besar dibandingkan yang lain. Dengan mekanisme yang sama dapat ditemukan bahwa indikator yang berpengaruh terhadap variable SC yaitu EI sebesar 0.9945, WT yaitu DEG sebesar 0.9834, dan ST yaitu DEG sebesar 0.9945.

### 4.1.3 Penilaian Indeks Variabel Laten

*Average variance index* (AVE) menunjukkan jumlah keragaman yang diekstraksi dari indikator yang dikembangkan. Nilai AVE yang tinggi menunjukkan bahwa indikator-indikator yang ada dapat menjelaskan variabel laten dengan baik. Tabel 11 menunjukkan data perhitungan dari kelima variabel laten.

### 4.1.4 Evaluasi Goodness of Fit

Evaluasi *goodness of fit* dari model diukur dengan menggunakan nilai *predictive-relevance* (Q²). Nilai tersebut dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q^2 = 1 - (1 - R_1^2)(1 - R_2^2) \dots (1 - R_p^2) \quad (1)$$

dengan nilai R² (*predictive-relevance*) diperoleh dari Tabel 12.

Berdasarkan Tabel 11, nilai *predictive-relevance* sebesar 0.7892 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan perubahan pada perangkat lunak dipengaruhi oleh variabel-variabel yang dimodelkan diatas 50%. Sementara faktor sisanya memiliki kemungkinan keterkaitan dengan variabel-variabel lainnya yang belum diidentifikasi di dalam model.

### 4.1.5 Pengujian Koefisien (interpretasi)

Pengujian hipotesis dilakukan dengan melakukan uji *t* secara parsial terhadap koefisien jalur yang memiliki pengaruh langsung. Hasil uji *t* dapat dilihat pada Tabel 13. Gambar pengujian koefisien tersebut dilakukan dengan simulasi dan perhitungan dengan menggunakan SmartPLS [8] dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan model tersebut dapat diketahui bahwa, seluruh variabel memiliki pengaruh terhadap perubahan perangkat

lunak, dengan variabel yang dominan mempengaruhi yaitu HOW dengan tingkat koefisien jalur langsung sebesar 1.1785 dan nilai *P-Value* sebesar 9.022E-15. Sedangkan faktor yang berpengaruh paling kecil terhadap perubahan perangkat lunak adalah SC dan WT dengan nilai koefisien jalur dibawah nol.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan evaluasi dan analisa data pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa setiap pola hubungan antar pengembang dapat memiliki pengaruh yang berbeda terhadap perubahan perangkat lunak. Pola hubungan pengembang ini diperoleh dari teknik penambangan proses untuk menemukan pola jejaring sosial melalui catatan kejadian dalam repositori perangkat lunak. Semua pola hubungan yang diteliti (*handover of work*, *subcontracting*, *working together*, dan *similar task*) memiliki pengaruh signifikan terhadap evolusi perangkat lunak pada beberapa tingkatan signifikansi (nilai *p-value*). Pola hubungan yang paling berpengaruh pada evolusi perangkat lunak pada studi kasus yang digunakan pada penelitian ini adalah *handover of work* dengan nilai signifikansi 9.022E-15.

Dalam penelitian juga ditemukan bahwa proses pengembangan yang dilakukan pada obyek yang menjadi studi kasus penelitian ini, lebih banyak dilakukan pada aktivitas peningkatan fitur dengan tingkat *outer loading* 0.924. Hal ini menunjukkan bahwa fitur-fitur yang dikembangkan belum memenuhi keinginan dari pengguna perangkat lunak sehingga perlu dilengkapi dan dimutakhirkan agar memenuhi kebutuhan pengguna.

Keterpusatan *degree* menjadi parameter paling berpengaruh untuk pola interaksi *handover of work*, *similar task*, dan *working together* dengan besar *outer loading* masing-masing 0.9733, 0.9834 dan 0.9945. Hal ini menandakan bahwa pada obyek penelitian, posisi pengembang dalam komunitas yang mempengaruhi pola interaksi tersebut ditentukan dari banyaknya koneksi pengembang tersebut dari dan ke pengembang yang lain tanpa batasan struktural atau hirarki pekerjaan, baik pada pengembang dengan tingkat kepentingan yang tinggi maupun yang rendah.

Sedangkan pada pola hubungan *subcontracting*, faktor keterpusatan *eigenvector* merupakan parameter yang paling dominan dengan nilai *outer*

*loading* 0.9945. Hal ini menunjukkan parameter *eigenvector* dapat digunakan untuk memantau pengembang yang memiliki posisi penting bagi penyelesaian suatu aktivitas yang berada diantara dua aktivitas pengembang yang lain.

Penggunaan metode statistika lainnya dapat dilakukan sebagai pembandingan pada penelitian selanjutnya. Penelitian berkaitan penyusunan indikator pada pola interkasi juga dapat dijadikan sebagai bahan kajian selanjutnya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mens, Tom & Goeminne, Mathieu, (2011). "Analysing The Evolution Of Social Aspects Of Open Source Software Ecosystems". Proceedings of the Workshop on Software Ecosystems.
- [2] Qiaona Hong, Sunghun Kim, S. C. Cheung dan Christian Bird, (2011). "Understanding a developer social network and its evolution". IEEE-ICSM, hal 323-332.
- [3] Alvaro Rebuge dan Diogo R Ferreira, (2011). "Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining". Elsevier Journal of Information System vol 37, hal 99-116.
- [4] Wouter Poncin, Alexander Serebrenik, dan Mark van den Brand, (2011). "Process mining software repositories". 15th European Conference on Software Maintenance and Reengineering.
- [5] Stephan Diehl, Harald C. Gall, dan Ahmed E. Hassan, (2009). "Guest editors introduction: special issue on mining software repositories". Empirical Software Engineering vol 14 (3) hal. 257-261.
- [6] Wil M. P. van der Aalst, Hajo A. Reijers, dan Minseok Song, (2005). "Discovering Social Networks from Event Logs". Computer Supported Cooperative Work (CSCW) December 2005 vol 14, Issue 6, hal. 549-593.
- [7] Michael Tenenhaus, Vincenzo Esposito Vinzia, Yves-Marie Chatelinc & Carlo Lauro, (2004). "PLS Path Modelling". Elsevier Journal of Computational Statistics & Data Analysis vol 48 hal. 159-205.
- [8] Ringle, Christian Marc/Wende, Sven/Will, Alexander, (2005). "SMARTPLS". SmartPLS. Hamburg, Germany.