

**PENGEMBANGAN COMPUTERIZED MAINTENANCE
MANAGEMENT SYSTEM DENGAN MENGGUNAKAN
UNIFIED MODELING LANGUAGE**

SKRIPSI

HENRY SUHENDRO

0706198562



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2010**

**PENGEMBANGAN COMPUTERIZED MAINTENANCE
MANAGEMENT SYSTEM DENGAN MENGGUNAKAN
UNIFIED MODELING LANGUAGE**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik

HENRY SUHENDRO

0706198562



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2010**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Henry Suhendro

NPM : 0706198562

Tanda Tangan :

Tanggal : 29 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Henry Suhendro
NPM : 0706198562
Program studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengembangan Computerized Maintenance
Management System Dengan Menggunakan
Unified Modeling Language

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Warjito, M.Eng. ()

Penguji : Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Engkos A. Kosasih, MT ()

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2010

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, Sholawat dan salam kepada junjungan Rasulullah Muhammad Sholallahu Alaihi Wa Salam, akhirnya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Warjito, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Para dosen pengajar, staff administrasi Universitas Indonesia, rekan kampus, rekan profesional IT dan engineering software, serta seluruh anggota jaringan komunitas di internet.

Penyusunan skripsi ini saya persembahkan kepada orang tua kandung ayahanda Sahundi dan ibunda Sri Hartini yang telah memberikan dukungan moral dan material kepada saya disaat suka dan duka, serta doa mereka agar impian anaknya dapat terkabul.

Akhir kata, segala kebenaran hanyalah dari Allah Subhana Wa Taa'la, Wabillahi Taufik Wal Hidayah. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 29 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Henry Suhendro
NPM : 0706198562
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGEMBANGAN COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT
SYSTEM DENGAN MENGGUNAKAN UNIFIED MODELING
LANGUAGE**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 29 Juni 2010

Yang menyatakan,

(Henry Suhendro)

ABSTRAK

Nama : Henry Suhendro

Program studi : 0706198562

Judul :

PENGEMBANGAN COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM DENGAN MENGGUNAKAN UNIFIED MODELING LANGUAGE

Penerapan sistem informasi manajemen pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin sangat diperlukan bagi industri yang sudah berkembang level struktur organisasi dalam aktivitasnya di perusahaan. Salah satu sistem yang mampu menangani aktivitas tersebut adalah CMMS (Computerized Maintenance Management System) yang meliputi diantaranya yaitu pemeliharaan pencegahan, manajemen peralatan, perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan. Bagi industri yang baru memulai penerapan CMMS, dokumentasi standar mengenai rancangan proses bisnis sangat penting dibuat oleh pihak perusahaan, agar mendapatkan gambaran aktivitas yang mudah dipahami secara jelas dan ringkas. Hal ini tentu saja berpengaruh pada komunikasi dan koordinasi kerja yang efektif dan efisien bagi pembuatan dan penerapan suatu software, sehingga dapat tercapai sesuai kebutuhan yang diinginkan perusahaan.

UML (Unified Modeling Language) adalah suatu bahasa pemodelan dalam bentuk visual gambar dan diagram, yang memiliki notasi-notasi berupa simbol disertai teks yang ringkas, sehingga dapat dimengerti oleh berbagai pihak secara umum, serta mampu melakukan dalam menggambarkan suatu proses bisnis. Oleh karena itu, sering digunakan sebagai alat kerja yang efektif dan efisien, serta dokumentasi bagi rancangan software, yang mudah dipahami secara jelas dan ringkas. Skripsi ini membahas bagaimana merancang suatu proses bisnis menggunakan diagram-diagram UML, lalu ditampilkan melalui GUI untuk menghasilkan suatu format laporan data, sehingga berhasil memberikan gambaran dan dokumentasi yang standar merancang CMMS, serta mengetahui dan memahami proses bisnis CMMS secara jelas dan ringkas untuk menghasilkan model berupa gambar diagram pada proses CMMS.

Kata Kunci :

UML, Software, Proses Bisnis, Sistem, Informasi, Manajemen, CMMS

ABSTRACT

Name : Henry Suhendro

Program studi : Teknik Mesin

Title :

APPLICATION OF UNIFIED MODELING LANGUAGE IN DEVELOPING COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM

Implementation for information system of management maintenace and monitoring condition machine has high necessary for industry development as level structure their activity organization. One of the system have ability to handle its activity is CMMS (Computerized Maintenance Management System) which consists of preventive maintenance, data equipment management, planning and schedule maintenance. The industry which still begin implement CMMS, documentation for standard around design business process has made high necessary by company, in order to get illustration activity easy to understand with clearly and simple. Therefore, it has effect for communication and coordination work effective and efficient to made implement software, so it will get requirement by company.

UML (Unified Modeling Language) is modeling language visual design and diagram, which has many notation symbol and texts clearly and simple, whether easy understand by general personal, and able to do and illustration business process. Therefore, it always usually for the way of methode work effective and effiencie, also documentation for design software to make easy understand and with clearly and simple. Some of discussion in this studies has method ways to design business process which use UML diagrams, so it will shows in GUI form to get the result format report, also it would get illustration and standard documentation to design CMMS, and then to get more knowledge and understand about business process CMMS with simple and clearly in order to get modeling diagrams CMMS process.

Keywords :

UML, Software, Business Process, Information, Management, System, CMMS

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR ISTILAH / SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
1.2. IDENTIFIKASI MASALAH.....	1
1.3. TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4. PEMBATAAN MASALAH.....	2
1.5. MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.6. BAHAN YANG DIGUNAKAN.....	3
1.7. METODE PENELITIAN.....	3
1.8. INSTALASI PERALATAN UJI.....	3
1.9. SISTEMATIKA PENELITIAN.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. PEMELIHARAAN DAN PEMANTAUAN KONDISI MESIN.....	5
2.1.1. Pemeliharaan.....	5
2.1.1.1. Pemeliharaan darurat (breakdown maintenance).....	5
2.1.1.2. Pemeliharaan pencegahan (preventive maintenance).....	6
2.1.1.3. Pemeliharaan peramalan (predicitve maintenance).....	6
2.1.2. Pemantauan kondisi mesin.....	6
2.1.2.1. Pemantauan kondisi proteksi.....	7

2.1.2.2. Pemantauan kondisi prediksi.....	7
2.2. PEMAHAMAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN	8
2.2.1. Sistem	8
2.2.2. Informasi.....	8
2.2.3. Manajemen	9
2.2.4. Sistem informasi manajemen.....	9
2.3. CMMS	10
2.3.1. Manajemen data peralatan	10
2.3.2. Manajemen Suku Cadang Peralatan	11
2.3.3. Pemeliharaan pencegahan	11
2.3.4. Tenaga kerja.....	12
2.3.5. Sistem perintah kerja (Sistem WO)	13
2.3.6. Perencanaan dan penjadwalan	14
2.3.7. Penyedia jasa dan barang (<i>vendor</i>)	14
2.3.8. Kontrol gudang	15
2.3.9. Pembelian (<i>purchase</i>)	16
2.3.10. Biaya anggaran (<i>budget</i>)	17
2.4. PEMAHAMAN SOFTWARE DAN UML.....	17
2.4.1. Software.....	17
2.4.2. UML	17
2.4.2.1. Teknologi objek orientasi (object oriented technology)	19
2.4.2.1.1. Objek	20
2.4.2.1.2. Kelas	21
2.4.2.1.3. Enkapsulasi.....	21
2.4.2.1.4. Inheritance (turunan).....	22
2.4.2.1.5. Polimorfisme	23
2.4.2.1.6. Asosiasi dan agregasi.....	24
2.4.2.2. Komponen UML	24
2.4.2.2.1. Use case diagram.....	25
2.4.2.2.2. Statechart diagram.....	25
2.4.2.2.3. Activity diagram.....	26
2.4.2.2.4. Class diagram	27

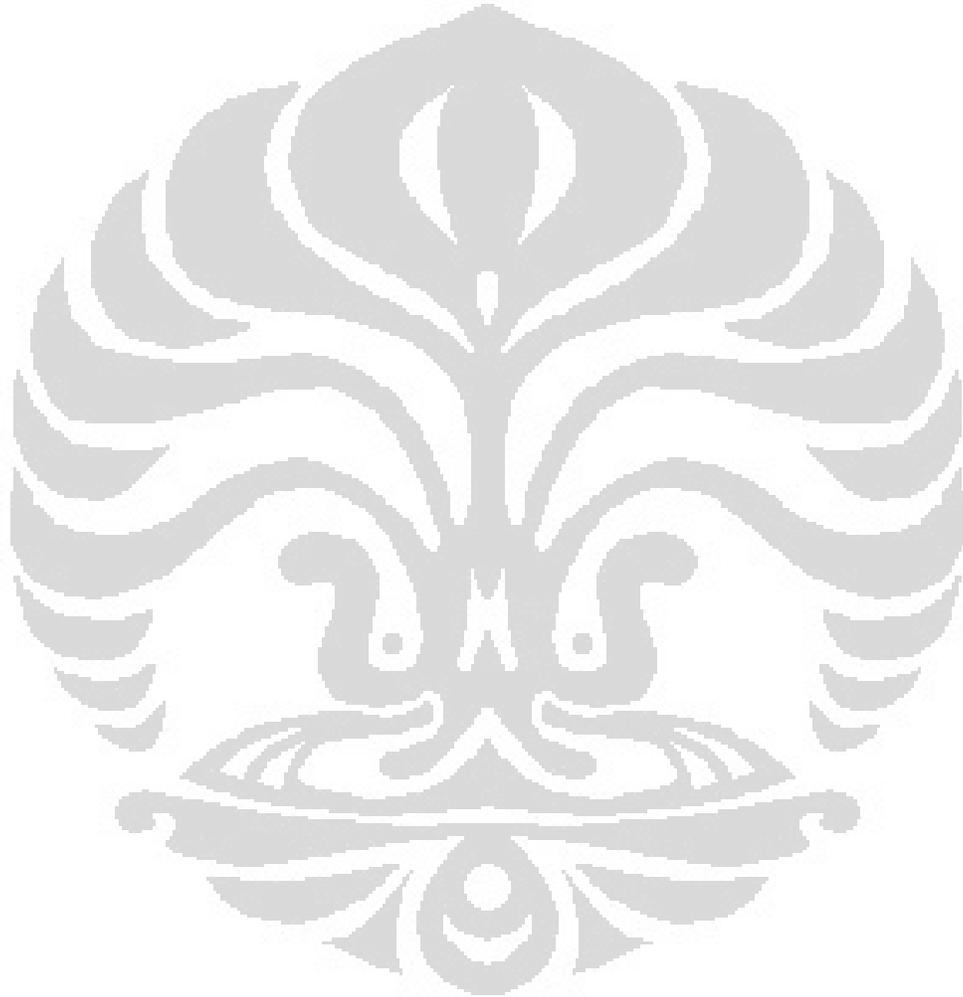
2.4.2.2.5. Collaboration diagram.....	27
2.4.2.2.6. Sequence diagram.....	28
2.4.2.2.7. Component diagram	28
2.4.2.2.8. Deployment diagram	29
2.4.2.2.9. Paket	30
2.4.2.2.10. Stereotype.....	30
2.4.2.2.11. Hubungan (relationship).....	31
2.4.2.3. Proses bisnis dan model bisnis (business process and business ... model)	31
2.4.2.4. Model persyaratan (requirement model).....	33
2.4.2.5. Model analisa (analysis model).....	34
2.4.2.6. Implementasi.....	35
BAB III PELAKSANAAN PENGEMBANGAN COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM DENGAN MENGGUNAKAN UNIFIED MODELING LANGUAGE	36
3.1. TINJAUAN UMUM UML PADA PELAKSANAAN SKENARIO PROSES BISNIS CMMS.....	36
3.2. SKENARIO PADA USE CASE DIAGRAM.....	38
3.3. SKENARIO PADA STATECHART DIAGRAM.....	41
3.4. SKENARIO PADA ACTIVITY DIAGRAM.....	45
3.5. SKENARIO PADA CLASS DIAGRAM	48
3.6. SKENARIO PADA COLLABORATION DIAGRAM.....	50
3.7. SKENARIO PADA SEQUENCE DIAGRAM.....	53
3.8. SKENARIO PADA COMPONENT DIAGRAM.....	55
3.9. SKENARIO PADA DEPLOYMENT DIAGRAM.....	56
3.10. GUI DESAIN.....	57
3.11. ESENSIAL LAPORAN DATA CMMS.....	62
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	66
4.1. KESIMPULAN	66
4.2. SARAN	66
DAFTAR ACUAN	67
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kronologi sejarah UML.....	18
Gambar 2.2	Tahap pengembangan software.....	19
Gambar 2.3	Hubungan antar kelas dan objek.....	21
Gambar 2.4	Ilustrasi tentang enkapsulasi.....	22
Gambar 2.5	Ilustrasi tentang single inheritance parent class dengan multichild class.....	23
Gambar 2.6	Ilustrasi tentang multi inheritance parent class dengan multichild class.....	23
Gambar 2.7	Ilustrasi tentang polimorfisme.....	24
Gambar 2.8	Ilustrasi tentang asosiasi dan agregasi.....	24
Gambar 2.9	Contoh Penerapan use case diagram.....	25
Gambar 2.10	Contoh Penerapan state diagram.....	26
Gambar 2.11	Activity diagram.....	26
Gambar 2.12	Class diagram.....	27
Gambar 2.13	Collaboration diagram.....	27
Gambar 2.14	Sequence diagram.....	28
Gambar 2.15	Component diagram.....	29
Gambar 2.16	Deployment diagram.....	29
Gambar 2.17	Package diagram.....	30
Gambar 2.18	Sterotype.....	30
Gambar 2.19	Business actor.....	32
Gambar 2.20	Business use case.....	32
Gambar 2.21	Business use case realization.....	32
Gambar 2.22	Business worker.....	32
Gambar 2.23	Business entity.....	33
Gambar 2.24	Organization unit.....	33
Gambar 3.1	Tinjauan UML pada pelaksanaan skenario CMMS.....	37

Gambar 3.2	Pemodelan tinjauan umum skenario CMMS.....	38
Gambar 3.3	Pemodelan skenario pada use case diagram.....	40
Gambar 3.4	Statechart diagram pengadaan suku cadang komponen peralatan.....	42
Gambar 3.5	Statechart diagram pemakaian suku cadang komponen peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.....	43
Gambar 3.6	Statechart diagram pelaksanaan WO.....	44
Gambar 3.7	Activity diagram pengadaan suku cadang.....	46
Gambar 3.8	Activity diagram pemakaian suku cadang peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.....	47
Gambar 3.9	Activity diagram pelaksanaan WO.....	48
Gambar 3.10	Class diagram CMMS.....	49
Gambar 3.11	Collaboration diagram pengadaan suku cadang.....	51
Gambar 3.12	Collaboration diagram pemakaian suku cadang peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.....	52
Gambar 3.13	Collaboration diagram pelaksanaan WO.....	52
Gambar 3.14	Sequence diagram pengadaan suku cadang.....	54
Gambar 3.15	Sequence diagram pemakaian suku cadang peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.....	54
Gambar 3.16	Sequence diagram pelaksanaan WO.....	55
Gambar 3.17	Component diagram CMMS.....	56
Gambar 3.18	Deployment diagram CMMS.....	57
Gambar 3.19	GUI form manajemen data peralatan.....	58
Gambar 3.20	GUI form kontrol gudang.....	58
Gambar 3.21	GUI form suku cadang peralatan.....	59
Gambar 3.22	GUI form purchase order.....	59
Gambar 3.23	GUI form vendor.....	60
Gambar 3.24	GUI form pemeliharaan pencegahan.....	60
Gambar 3.25	GUI form tenaga kerja.....	61
Gambar 3.26	GUI form sistem WO.....	61
Gambar 3.27	GUI form sistem perencanaan penjadwalan.....	62
Gambar 3.28	Laporan data persediaan suku cadang peralatan.....	63

Gambar 3.29	Laporan data ketersediaan tenaga kerja pemeliharaan..	64
Gambar 3.30	Laporan data pelaksanaan WO dan riwayat pemeliharaan.....	65



DAFTAR SINGKATAN

CMMS	Computerized Maintenance Management System
GUI	Graphis User Interface
ISO	International Standard Organization
OOAD	Object Oriented Analysis and Design
OMG	Object Management Group
PM	Preventive Maintenance (pemeliharaan pencegahan)
PO	Purchase Order
SQL	Structure Query Language
SIM	Sistem Informasi Manajemen
TPM	Total Productive Maintenance
UML	Unified Modeling Language
WO	Work Order

DAFTAR ISTILAH

Simbol	Keterangan
mdl	format file yang digunakan oleh software Rational Rose.
vbf	format file yang digunakan oleh software Visual Basic.
0...1	Hubungan yang menyatakan non duplikasi data dan boleh bernilai kosong.
1	Hubungan yang menyatakan non duplikasi data dan tidak boleh bernilai kosong.
1...n	Hubungan yang menyatakan non duplikasi data pada beberapa data.
n	Hubungan yang menyatakan duplikasi data.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Biaya ekonomis dan waktu yang efektif dan efisien adalah hasil utama yang diinginkan tiap perusahaan. CMMS (Computerized Maintenance Management System) adalah salah satu jenis penerapan sistem informasi manajemen, yang digunakan perusahaan untuk mengupayakan dan melaksanakan kegiatan pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin dengan sistem komputerisasi agar mendapatkan target sasaran biaya yang ekonomis dan waktu kerja yang efektif dan efisien. Sebelum melaksanakan penerapan sistem komputer, dokumentasi yang standar memegang peranan penting sebagai sarana komunikasi dan koordinasi kerja dalam menyepakati suatu penerapan CMMS yang dibutuhkan oleh perusahaan.

UML (Unified Modeling Language) berperan sebagai suatu bahasa komunikasi standar berupa model visual gambar dan diagram bagi keperluan merancang software, yang memiliki notasi-notasi simbol standar sehingga mudah dipahami secara jelas dan ringkas oleh berbagai pihak secara umum.

1.2. IDENTIFIKASI MASALAH

Bagi perusahaan yang sudah berkembang level struktur organisasinya, CMMS adalah salah satu sistem manajemen informasi yang sering digunakan oleh industri karena mampu melakukan kegiatan pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin yang efektif dan efisien. Namun ketika ingin menerapkan CMMS, kendala yang dihadapi adalah bagaimana cara mengkomunikasikan apa yang diinginkan oleh perusahaan akan sesuai dengan yang disepakati dan dibuat nantinya, terutama ketika adanya perluasan dan perubahan sistem atau software.

Oleh karena itu UML sebagai kegiatan dokumentasi, merupakan sarana penting untuk memecahkan permasalahan tersebut. Selain itu, UML dapat

digunakan sebagai cara komunikasi dan koordinasi kerja yang efektif dan efisien, apabila terjadi kemungkinan perubahan dan perluasan sistem atau software.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Mendapatkan gambaran dan dokumentasi yang standar bagi keperluan merancang suatu sistem komputerisasi terhadap kegiatan pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin.
2. Mengetahui dan memahami proses bisnis CMMS secara jelas dan ringkas.

1.4. PEMBATAAN MASALAH

Beberapa masalah yang akan dibatasi dan diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian UML dilakukan mulai dari merancang proses bisnis sampai desain *mockup* GUI (*Graphis User Interface*).
2. Rancangan sistem informasi dan UML yang dihasilkan ditujukan untuk memenuhi beberapa modul CMMS, yang meliputi diantaranya proses planning, penjadwalan, rekaman perbaikan dan perawatan mesin serta pengadaan spare part mesin.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Untuk mengefektifkan waktu, komunikasi dan koordinasi dalam penerapan software, serta mendapatkan gambaran dan dokumentasi suatu sistem.
2. Dapat dicapai suatu kesepakatan dan persetujuan mengenai suatu sistem yang diharapkan sesuai kebutuhan yang diinginkan.

3. Dapat memperkirakan sejauh mana penerapan sistem komputer pada pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin disesuaikan dengan kemampuan budget perusahaan.

1.6. BAHAN YANG DIGUNAKAN

Bahan yang digunakan sebagai acuan dalam tugas akhir ini adalah literatur - literatur berupa buku, jurnal, artikel, ebook, internet, dan bahan mata kuliah pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin.

Pendekatan kasus yang digunakan adalah dengan mengacu pada CMMS yang banyak digunakan oleh industri, diantaranya, yaitu : pemeliharaan pencegahan, manajemen suku cadang, perencanaan, penjadwalan pekerjaan.

1.7. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

1. Studi perbandingan

Dengan melakukan penelusuran dan pengamatan terhadap proyek penerapan CMMS.

2. Analisa dan rekayasa

Dengan menerapkan konsep OOAD (Object Oriented Analyst and Design). Penyusunan dan penulisan dimulai dengan melakukan analisa model proses bisnis CMMS. Selanjutnya UML digunakan sebagai design pemodelan grafis dan dokumentasi.

1.8. INSTALASI PERALATAN UJI

Penerapan dan pengujian metode penulisan tugas akhir ini adalah dengan menggunakan software bernama Rational Rose yang memiliki kemampuan mudah bersimulasi dan menyediakan notasi-notasi UML. Selain itu software bernama Visual Basic digunakan sebagai mock up GUI (Graphic User Interface) setelah pemodelan visual dengan menggunakan UML selesai dilakukan.

1.9. SISTEMATIKA PENELITIAN

Sistematika penulisan pada skripsi ini dibuat dengan uraian beberapa bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, bahan yang digunakan, metode penelitian, dan instalasi peralatan uji.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijabarkan teori-teori tentang pemahaman dasar tentang software, UML, sistem informasi manajemen, pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin, serta CMMS sebagai upaya penerapan keseluruhan teori tersebut ke dalam suatu software.

BAB III PELAKSANAAN PENGEMBANGAN COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM DENGAN MENGGUNAKAN UNIFIED MODELING LANGUAGE

Bab ini membahas mengenai penerapan UML dan teknik yang digunakan pada pelaksanaan merancang software pada sistem informasi manajemen pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin dengan mengacu pada penelusuran dan pengamatan pada proyek penerapan CMMS, dimulai dari desain proses bisnis, database, lalu desain mockup GUI form dan laporan menggunakan software Rational Rose dan Visual Basic.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini memberikan hasil berupa kesimpulan dan saran setelah perancangan selesai dilakukan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. PEMELIHARAAN DAN PEMANTAUAN KONDISI MESIN

Pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin merupakan salah satu faktor paling penting yang harus dipikirkan dan direncanakan saat memulai perancangan suatu peralatan sampai beroperasinya peralatan. Olehkarena itu, pemilihan jenis pemeliharaan dan pemantauan suatu peralatan perlu dikelompokkan sebagai upaya pelaksanaan biaya ekonomis dan waktu yang efektif dan efisien.

2.1.1. Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah kegiatan untuk berusaha mempertahankan suatu peralatan agar mampu terus melakukan kegiatan proses produksi yang efektif dan efisien sesuai target yang diinginkan. Secara umum jenis pemeliharaan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu ; pemeliharaan darurat (*breakdown maintenance*), pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*), dan pemeliharaan peramalan (*predictive maintenance*).

2.1.1.1. Pemeliharaan darurat (breakdown maintenance)

Pemeliharaan jenis ini dilakukan pada suatu kegiatan dalam mengatasi permasalahan peralatan setelah berhentinya fungsi yang dibutuhkan peralatan tersebut. Pemeliharaan jenis ini dapat dipilih dalam kondisi peralatan yang biaya komponennya rendah, serta suku cadangnya mudah diperoleh di pasaran. Namun pemeliharaan darurat pada peralatan, dapat dimasukkan ke dalam kategori pemeliharaan pencegahan atau peramalan, apabila jangkauan lifetime pada peralatan menjadi pendek dan sering mengganggu proses produksi, sehingga menurunkan target perusahaan.

2.1.1.2. Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*)

Pemeliharaan jenis ini dilakukan pada suatu kegiatan upaya untuk mencegah berhentinya fungsi yang dibutuhkan peralatan tersebut. Olehkarena itu, beberapa kegiatan perlu dilakukan, diantaranya yaitu :

1. Pemeliharaan rutin (*routine maintenance*).

Pemeliharaan ini dilakukan secara rutin (harian atau mingguan) dan teratur pada kegiatan inspeksi, pembersihan, pelumasan, deteksi dan penggantian komponen yang diperlukan untuk mengatasi gejala-gejala kerusakan.

2. Pemeliharaan berkala (*periodic maintenance*).

Pemeliharaan ini dilakukan secara terencana dengan suatu penjadwalan, terkendali berdasarkan pelaksanaan penjadwalan, serta tercatat dalam suatu data riwayat peralatan sebagai hasil pelaksanaan penjadwalan. Pada kegiatan pelaksanaan tersebut umumnya meliputi :

- Jumlah waktu pemakaian.
- Kesesuaian beban pemakaian dengan spesifikasi peralatan.
- Kondisi lingkungan peralatan (dingin, panas, berdebu).

2.1.1.3. Pemeliharaan peramalan (*predictive maintenance*)

Pemeliharaan jenis ini disebut juga pemeliharaan koreksi (*corrective maintenance*). Pemeliharaan ini dilakukan dengan mengganti sebagian besar komponen peralatan (*overhaul*) akibat usia pakai peralatan sudah optimal. Pertimbangan biaya untuk melakukan penggantian sebagian besar komponen tersebut harus dibandingkan dengan pembelian peralatan yang baru, sehingga biaya yang dikeluarkan agar tidak melebihi atau hampir sama dengan pembelian peralatan baru.

2.1.2. Pemantauan kondisi mesin

Pemantauan kondisi mesin adalah suatu kegiatan pemeliharaan untuk memantau dan mendeteksi berbagai kemungkinan adanya gangguan kegiatan

proses produksi, sehingga sebuah tindakan perlu dilakukan agar gangguan tersebut dapat diselesaikan. Sebagian besar kegiatan pemantauan kondisi mesin merupakan bagian dari upaya kegiatan pemeliharaan pencegahan. Pada umumnya pemantauan kondisi mesin, dibagi dua kategori, yaitu ; pemantauan kondisi proteksi dan pemantauan kondisi prediksi.

2.1.2.1. Pemantauan kondisi proteksi

Suatu kegiatan pemeliharaan dalam memantau dan mendeteksi peralatan secara terus menerus, sehingga dapat diketahui dan diperkirakan kehandalan peralatan tersebut. Sebagian besar peralatan yang dipantau, umumnya dilakukan oleh suatu alat sensor/transduser yang terpasang bekerja secara otomatis sebagai sistem pengaman penghentian proses produksi mesin, apabila terdapat hal yang membahayakan dan merusak komponen peralatan lain yang saling berhubungan. Pemantauan ini biasanya dapat dilakukan oleh orang-orang bagian produksi, dimana hasil laporannya dapat pula diberikan kepada orang-orang bagian pemeliharaan sebagai acuan analisa. Cakupan peralatan yang dipantau, umumnya bersifat kritis dan penting, seperti contoh ; generator, kompresor yang akan mengganggu proses produksi secara keseluruhan, jika peralatan tersebut tidak berfungsi.

2.1.2.2. Pemantauan kondisi prediksi

Suatu kegiatan pemeliharaan dalam memantau dan mendeteksi peralatan, dengan mendiagnosa terhadap gejala kerusakan yang ada secara berkala (mingguan, bulanan). Kegiatan diagnosa dan analisa masalah dapat dilakukan dengan mengacu pada data-data dari pemantauan kondisi proteksi atau dengan memasang instrumen kolektor data yang portabel (data akuisisi yang terhubung ke sensor/transduser), sehingga dapat diprediksi kecenderungan pertumbuhan kerusakannya. Pemantauan ini dilakukan langsung oleh orang-orang bagian pemeliharaan.

Cakupan peralatan yang dipantau, umumnya bersifat kurang kritis dan tidak mengganggu proses produksi secara keseluruhan, seperti contoh ; pompa, blower, kipas.

2.2. PEMAHAMAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN

Penerapan sistem informasi manajemen (SIM) pada pelaksanaan pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin merupakan upaya untuk mempercepat komunikasi dan koordinasi kerja, serta menghindari kesalahan prosedur yang telah ditetapkan oleh pihak perusahaan. Hasil yang dicapai dan diharapkan nantinya adalah berupa data informasi yang lebih akurat dan lengkap, sehingga keputusan dan tindakan dapat dilaksanakan lebih tepat.

2.2.1. Sistem

Sistem adalah suatu keterlibatan beberapa objek berupa fisik atau abstrak, dimana setiap objek memiliki fungsi kerja yang saling berpengaruh. Dalam membangun suatu sistem, perlu ditentukan adanya suatu kebutuhan yang ingin dicapai dan ketersediaan sumber daya yang dimiliki, serta metode yang dirancang dan digunakan untuk menghindari keruwetan pekerjaan. Diantara salah satu tujuan dibangunnya suatu sistem adalah agar fungsi-fungsi yang ditetapkan oleh suatu pihak dapat dilaksanakan secara ekonomis, efisien dan efektif.

2.2.2. Informasi

Informasi adalah hasil penyampaian suatu berita atau data yang belum mengalami penyeleksian atas berbagai berita atau data yang diterima. Penerapan informasi pada suatu sistem, dapat menjadikan adanya fungsi penyeleksian informasi agar mendapatkan berita atau data sesuai yang diinginkan. Sarana informasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

- Informasi lisan, adalah informasi langsung dari pihak kedua yang dilakukan melalui media suara, isyarat.
- Informasi tulisan, adalah informasi tidak langsung yang dilakukan melalui suatu objek perantara berupa bahasa tulisan atau visual berupa gambar.

2.2.3. Manajemen

Manajemen adalah suatu kegiatan yang bersifat strategi dan terpadu pada satu bidang tertentu atau lebih, yang meliputi pengelolaan, pengorganisasian, kepemimpinan untuk mencapai suatu skema tujuan yang terarah dan terencana, sehingga menghasilkan kinerja yang efektif dan efisien. Dalam melaksanakan kegiatan manajemen, penjabaran dan pengawasan fungsi dan metode menjadi fokus utama dalam melakukan perencanaan pada suatu tujuan. Olehkarena itu, penerapan manajemen yang sistematis, mutlak diperlukan agar fungsi dan metode dapat dilaksanakan yang terbaik.

2.2.4. Sistem informasi manajemen

Sistem informasi manajemen adalah suatu sistem informasi yang telah tersusun, terintegrasi dan terencana melalui bentuk sarana peralatan media komunikasi untuk mencapai tujuan yang diinginkan oleh suatu pihak. Pada umumnya penerapan sistem informasi manajemen merupakan suatu sistem yang komunikasinya dilakukan melalui komputer. CMMS adalah salah satu contoh jenis sistem informasi manajemen yang terkomputerisasi dan banyak dipakai industri bagi pelaksanaan fungsi kegiatan pemeliharaan dan pemantauan kondisi mesin untuk menghasilkan tujuan yang efektif dan efisien.

2.3. CMMS

CMMS (Computerized Maintenance Management System) adalah suatu sistem manajemen pemeliharaan yang pengoperasiannya dikendalikan dengan peralatan komputer, bertujuan untuk membantu fungsi administrasi data dan perencanaan pada penjadwalan kegiatan pemeliharaan, serta menjamin agar kondisi peralatan dapat melaksanakan kegiatan fungsinya sesuai dengan waktu yang diinginkan. Pada umumnya CMMS memiliki sepuluh modul utama, yaitu :

1. Manajemen data peralatan.
2. Manajemen suku cadang peralatan.
3. Pemeliharaan pencegahan.
4. Tenaga kerja.
5. Sistem perintah kerja (sistem WO).
6. Perencanaan dan penjadwalan.
7. Penyedia jasa dan barang (*vendor*).
8. Kontrol gudang.
9. Pembelian (*purchase*).
10. Biaya anggaran (*budget*).

Penerapan CMMS sangat diperlukan bagi perusahaan yang sudah melaksanakan kegiatan ISO 9000 secara lengkap. dan atau TPM (Total Productive Maintenance). Berikut akan dibahas beberapa point penting mengenai sepuluh modul tersebut :

2.3.1. Manajemen data peralatan

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai aset peralatan, suku cadang peralatan, siklus kerja peralatan, prosedur pemakaian dan keselamatan peralatan. Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode peralatan (*kode_alat*).
2. Nama peralatan (*nama_alat*).
3. Prosedur peralatan (*prosd_r_alat*).

4. Hirarki peralatan (hirarki_alat).
5. Prioritas peralatan (prior_alat).
6. Lama pemakaian peralatan (wkt_alat).
7. Kode suku cadang peralatan (kode_sc_alat).
8. Nama suku cadang peralatan (nama_sc_alat).
9. Peralatan bantu (bantu_alat).
10. Biaya peralatan (biaya_alat).
11. Keselamatan dan pelaksanaan peralatan (safe_alat).
12. Kegagalan pelaksanaan peralatan (gagal_alat).
13. Jaminan peralatan (jamin_alat).
14. Pemantauan kondisi peralatan (pantau_alat).
15. Link peralatan (link_alat).

2.3.2. Manajemen Suku Cadang Peralatan

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai inventarisasi suku cadang komponen terhadap modul manajemen data peralatan, disertai informasi pemasok dan spesifikasi pabrikasi. Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode suku cadang peralatan (kode_sc_alat).
2. Nama suku cadang peralatan (nama_sc_alat).
3. Kode vendor (kode_vendor).
4. Keterangan suku cadang peralatan (ket_sc_alat).
5. Link suku cadang peralatan (link_sc_alat).

2.3.3. Pemeliharaan pencegahan

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai prosedur dan permasalahan suatu peralatan, serta kegiatan perbaikan. Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode pemeliharaan (kode_plhr).
2. Kode WO (kode_wo).

3. Tanggal pemeliharaan (tgl_plhr).
4. Status WO (status_wo) yaitu menunggu (delay), disetujui, menunggu karena material, sedang dilaksanakan atau selesai dilaksanakan.
5. Kode peralatan (kode_alat).
6. Set peralatan (set_alat).
7. Prosedur pemeliharaan (prosd_r_plhr).
8. Prioritas pemeliharaan pada peralatan (prior_plhr).
9. Frekuensi waktu pelaksanaan pemeliharaan (frek_plhr).
10. Sesi frekuensi waktu pelaksanaan pemeliharaan (sesi_plhr).
11. Kode suku cadang peralatan (kode_sc_alat).
12. Set suku cadang peralatan (set_sc_alat).
13. Kode tenaga kerja (kode_tngk).
14. Team tenaga kerja (team_tngkr).
15. Jenis tenaga kerja, yaitu opsi internal atau eksternal (jenis_tngkr).
16. Riwayat kegiatan pemeliharaan (rwy_t_plhr).
17. Link pemeliharaan (link_plhr).

2.3.4. Tenaga kerja

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai daftar para tenaga kerja bagian pemeliharaan, yang meliputi diantaranya :

1. Kode tenaga kerja (kode_tngkr).
2. Nama tenaga kerja (nama_tngkr).
3. Fungsi jabatan (jabat_tngkr), diberikan suatu simbol berupa angka (1=mekanik, 2=elektrikal), dimana keterangan simbol tersebut dijelaskan pada keterangan fungsi jabatan.
4. Keterangan fungsi jabatan (ket_tngkr), terprogram dengan sendirinya saat pemilihan fungsi jabatan yang berupa angka. Namun jika memiliki lebih dari satu fungsi jabatan, maka simbol angka tersebut dapat disatukan (12=mekanik dan elektrikal).
5. Total kegiatan bekerja (tot_wkt_tngkr).
6. Link foto tenaga kerja pemeliharaan (link_tngkr).

2.3.5. Sistem perintah kerja (Sistem WO)

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai kegiatan pekerjaan pemeliharaan, perbaikan dan analisa akibat kegagalan pada peralatan, serta biaya yang dikeluarkan akibat penanggulangannya. Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode WO (kode_wo).
2. Tanggal WO (tgl_wo).
3. Kode peralatan (kode_alat).
4. Set peralatan (set_alat).
5. Prioritas pekerjaan pada suatu penjadwalan (prior_wo).
6. Status mengenai WO yaitu menunggu (delay), disetujui, menunggu karena material, sedang dilaksanakan atau selesai dilaksanakan (status_wo).
7. Kategori pekerjaan yang dilakukan, seperti ; pemeliharaan pencegahan, darurat, perbaikan, atau proyek.(ktgr_wo).
8. Kegagalan suatu peralatan dan analisa penyebab kegagalan (gagal_wo).
9. Tindakan perbaikan yang dilakukan setelah analisa. (tindak_wo).
10. Kode tenaga kerja (kode_tngkr).
11. Team tenaga kerja (team_tngkr).
12. Kegiatan tenaga kerja bagian pemeliharaan untuk melaksanakan tugasnya dan lama pekerjaannya (aktivitas_tngkr_wo).
13. Komponen suku cadang pada peralatan yang diperlukan WO (kode_sc_alat).
14. Set komponen suku cadang peralatan (set_sc_alat).
15. Biaya komponen pada peralatan yang diperlukan WO (biaya_wo).
16. Biaya tenaga kerja bagian pemeliharaan apabila melebihi waktu standar kerja perusahaan (biaya_tngkr_wo).
17. Biaya pemakaian tenaga kerja pemeliharaan yang berasal dari luar perusahaan (biaya_tngkr_out_wo).
18. Total biaya yang dikeluarkan bagi keperluan WO (tot_biaya_wo).

19. Kelengkapan melaksanakan WO dimulai keluarnya WO sampai selesainya WO tersebut (*lengkap_wo*).
20. Pencatatan untuk penelusuran tentang berhentinya peralatan secara terencana diperkirakan atau mendadak (*catat_wo*).

2.3.6. Perencanaan dan penjadwalan

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai kegiatan pekerjaan berdasarkan perencanaan dan penjadwalan yang telah dibuat oleh perencana bagi para tenaga kerja pemeliharaan. Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode WO (*kode_wo*).
2. Tanggal WO (*tgl_wo*).
3. Kode peralatan (*kode_alat*).
4. Set peralatan (*set_alat*).
5. Persiapan perkiraan waktu pekerjaan untuk pelaksanaan penjadwalan (*maintenance backlog*) yang dilakukan oleh tenaga kerja pemeliharaan, setelah WO disetujui (*backlog_plan*).
6. Prioritas pekerjaan pada suatu penjadwalan berdasarkan WO (*prior_wo*).
7. Tenaga kerja yang menangani pelaksanaan pekerjaan perencana (*kode_tngkr*).
8. Team tenaga kerja pemeliharaan (*team_tngkr*).
9. Memberikan laporan kepada planner mengenai pelaksanaan pekerjaan sesuai perencanaan dan penjadwalan dengan status keterangan berupa menunggu, disetujui, dilaksanakan, atau selesai (*feedback_plan*).

2.3.7. Penyedia jasa dan barang (*vendor*)

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai daftar *vendor* yang meliputi diantaranya :

1. Kode *vendor* (*kode_vendor*).
2. Nama *vendor* (*nama_vendor*).

3. Alamat *vendor* (almt_vendor).
4. Kontak *vendor* (kontak_vendor).
5. Email *vendor* (email_vendor).
6. Kategori *vendor* (ktgr_vendor).

2.3.8. Kontrol gudang

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai aset peralatan di gudang. Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode alat (kode_alat).
2. Nama alat (nama_alat).
3. Alternatif penggunaan komponen peralatan dilakukan sementara apabila komponen peralatan yang sesuai belum didapatkan (alter_alat).
4. Penentuan lokasi komponen peralatan sangat berguna apabila terdapat peralatan yang memiliki prioritas tinggi, sehingga komponen peralatan lain diambil untuk diberikan peralatan prioritas tinggi (lok_use_alat_gdg).
5. Lokasi komponen peralatan apabila perusahaan memiliki lebih dari satu pabrik (lok_alat_gdg).
6. Unit pengukuran yang digunakan sebagai spesifikasi, misalnya ; kilogram, gallon, milimeter (unit_alat_gdg).
7. Level ketersediaan suku cadang komponen peralatan apabila sudah dibawah level, maka pihak gudang perlu melakukan pengadaan suku cadang baru (level_alat_gdg).
8. Jumlah pemesanan komponen peralatan bagi kegiatan pemeliharaan pencegahan (qty_alat_gdg).
9. Lokasi pemindahan komponen peralatan diperlukan apabila terjadi penambahan ruang gudang (lok_trf_alat_gdg).
10. Kode vendor mengenai asal pembelian komponen peralatan tersebut (kode_vendor_gdg).
11. Nama vendor mengenai asal pembelian komponen peralatan tersebut (nama_vendor_gdg).

12. Referensi mengenai pihak pembuat komponen peralatan (*ref_gdg*).
13. Kode WO (*kode_wo*).
14. Status WO (*status_wo*), yaitu menunggu (*delay*), disetujui, menunggu karena material, sedang dilaksanakan atau selesai dilaksanakan.
15. Link mengenai file scan berisi hasil pencatatan fisik di lapangan (*link_gdg*).

2.3.9. Pembelian (*purchase*)

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai pembelian komponen peralatan (*purchase order / PO*). Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode pembelian alat (*kode_po*).
2. Tanggal pembelian (*tgl_po*).
3. Kode alat (*kode_alat*).
4. Nama alat (*nama_alat*).
5. Status pembelian alat mengenai telah terkirim atau menunggu persetujuan (*status_po*).
6. Pencatatan penerimaan barang mengenai biaya dan jumlah komponen peralatan apabila PO belum sampai di pihak vendor (*terima_po*).
7. Kode vendor (*kode_vendor*).
8. Pencatatan PO dilakukan pihak gudang apabila pihak vendor belum memiliki PO (*blanket_po*).
9. Nilai satuan mata uang yang digunakan untuk pembelian komponen peralatan (*curr_po*).
10. Keterangan mengenai penyelesaian PO (*ket_po*).
11. Link mengenai file scan yang berhubungan dengan keperluan PO (*link_po*).

2.3.10. Biaya anggaran (*budget*)

Modul ini adalah merupakan sarana dan mengelola informasi mengenai anggaran pemeliharaan yang terintegrasi dengan sistem keuangan. Beberapa hal penting lainnya yang perlu diinformasikan adalah sebagai berikut :

1. Kode akunting transaksi (*kode_acc*).
2. Tipe anggaran berdasarkan kode akunting (*tipe_budget*).
3. Tahun fiskal (*fiskal_budget*).
4. Dimulainya tahun fiskal (*fiskal_1_budget*).
5. Berakhirnya tahun fiskal (*fiskal_2_budget*).
6. Total anggaran yang dikeluarkan (*total_budget*).

2.4. PEMAHAMAN SOFTWARE DAN UML

2.4.1. Software

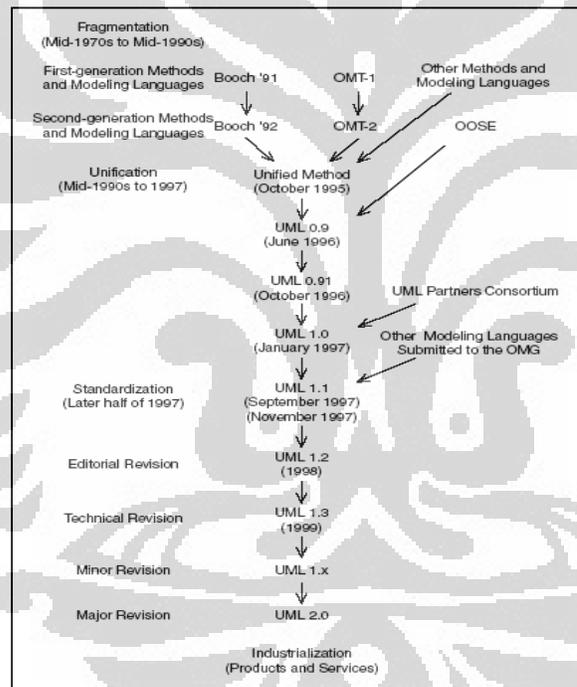
Software adalah suatu peralatan berbentuk file yang memuat kode bahasa pemrograman dan dapat dibaca oleh komputer, sehingga digunakan sebagai fungsi media komunikasi memberikan perintah yang diinginkan manusia kepada komputer. Rational Rose salah satu software yang melakukan simulasi UML bagi keperluan dokumentasi rancangan software. Sedangkan Visual Basic adalah software yang menampilkan informasi kepada pengguna komputer tentang apa harus dilakukan bagi kepentingan proses dan hasil informasi selanjutnya. Masing-masing software sudah memiliki format pembacaan yang berbeda, agar komputer tidak salah dalam memberikan penyajian paket aplikasinya, sebagai contoh Rational Rose dengan format *mdd*, sedangkan Visual Basic dengan format *vbf*.

2.4.2. UML

UML (Unified Modeling Language) adalah bahasa yang dapat menyatukan berbagai macam sistem, yang didokumentasikan dan dinotasikan dengan model gambar dan diagram, dilengkapi informasi teks yang jelas dan ringkas. Dalam penerapan UML, pemahaman konsep

teknologi *object oriented* dan beberapa diagram yang dimiliki UML sangat penting bagi keperluan analisa dan desain suatu proses dan kegiatan dari suatu sistem, apakah semua sudah sesuai dengan yang diinginkan. UML sangat membantu bagi pelaksanaan penerapan sistem informasi manajemen, khususnya CMMS.

Sejarah keberadaan UML dimulai pertengahan 1970-an, yang diperkenalkan oleh beberapa ilmuwan, yaitu ; Grady Booch, James Rumbaugh, dan Ivar Jacobson. Dalam perkembangannya UML mengalami perubahan versi, mulai dari versi 1.0 sampai versi 2.0 yang kini dipakai dan dikelola oleh suatu institusi internasional bernama OMG (*Object Management Group*).



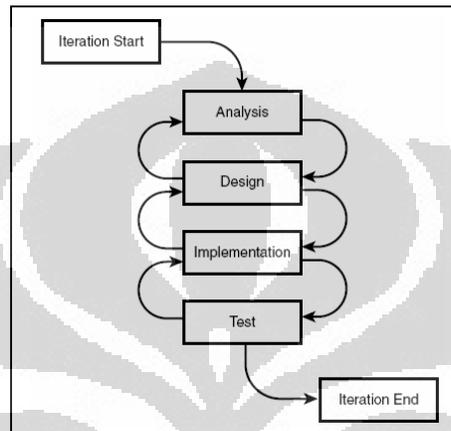
Gambar 2.1.

Kronologi sejarah UML. [1]

Penggunaan UML berdampak pada peningkatan produktivitas dan kualitas, serta pengurangan biaya dan waktu kerja. Kerumitan dalam segi arsitektural sistem software yang anda bangun juga dapat diatasi dengan menggambarkan cetak biru tersebut, sehingga dapat dilaksanakan pembuat software. Olehkarena pembahasan UML akan mencakup hal-hal sebagai berikut :

1. Teknologi *objek oriented*.

2. Komponen UML.
3. Model bisnis (*business model*).
4. Model kebutuhan (*requirement model*).
5. Model analisa (*analyze model*).
6. Implementasi.



Gambar 2.2. Tahapan pengembangan software. [2]

2.4.2.1. Teknologi objek orientasi (*object oriented technology*)

Objek orientasi adalah metode kerja berupa analisa dan desain kerangka program yang mampu menghadapi perluasan dan perubahan pada saat awal pekerjaan software atau setelah software selesai dibuat.

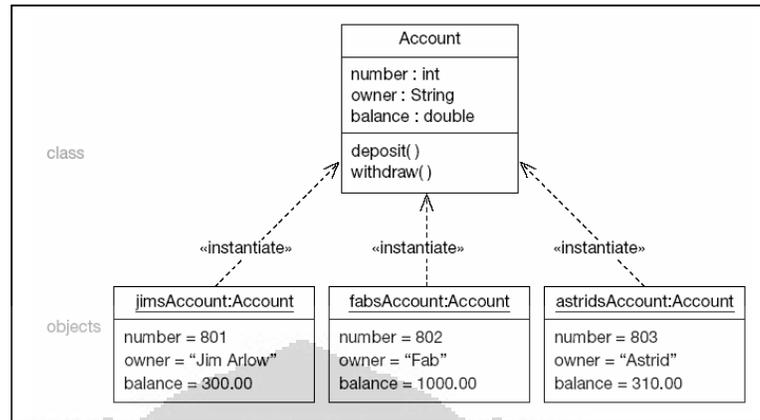
Objek orientasi memandang hal yang luas menjadi hal yang bersifat khusus. Untuk memudahkannya adalah ketika memandang kendaraan sebagai cakupan yang masih luas, maka mobil menjadikan sebagai objek yang bersifat khusus. Namun ketika memandang mobil sebagai cakupan yang masih luas, maka sedan menjadikannya sebagai objek yang bersifat khusus. Selain itu, pemrograman secara modular atau terpisah merupakan keunggulan lain yang dimilikinya. Konsep dan metode objek orientasi dibagi menjadi dua, yaitu ;

1. Objek orientasi analisa adalah metode untuk menganalisa permasalahan berdasarkan pembentukan objek dan kelas-kelas.
2. Objek orientasi desain adalah metode untuk membentuk pola rancangan berdasarkan manipulasi objek dan kelas-kelas pada suatu sistem.

Objek dan kelas dapat dilakukan dengan suatu pemodelan, yaitu ; enkapsulasi (penyembunyian detail kelas), inheritance (penurunan kelas), polimorfisme (penamaan yang sama namun proses berbeda), serta asosiasi dan agregasi (hubungan antar objek).

2.4.2.1.1. *Objek*

Objek adalah segala sesuatu yang nyata dan sudah tertuju sehingga dapat dibayangkan secara fisik. Setiap objek memiliki atribut (dimensi) dan nilai, serta dapat menampilkan suatu metode/fungsi kerja. Dalam lingkup software, objek adalah suatu penamaan yang mudah dimengerti (instance) pada sebuah kelas yang didalamnya memiliki method (fungsi/prosedural), dan variabel. Perumpamaannya adalah pada beberapa buah mobil yang memiliki suatu spesifikasi jenis, tipe, cara kemudi, cara pengereman yang masing-masing berbeda, maka akan dijelaskan pada suatu objek berupa penamaan sebagai pembeda mobil-mobil tersebut. Objek dan kelas memiliki hubungan yang saling terkait.



Gambar 2.3. Hubungan antar kelas dan objek. [3]

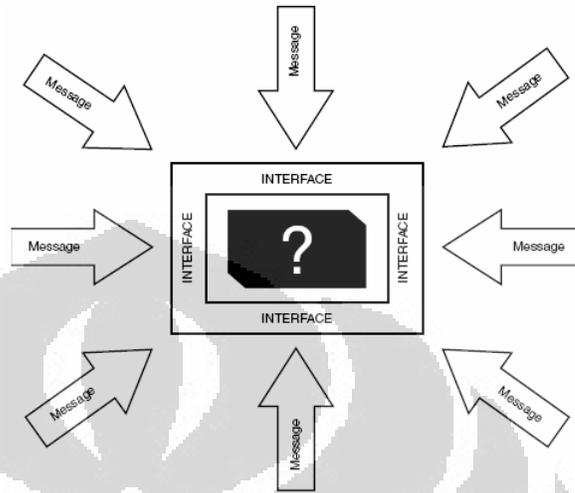
2.4.2.1.2. Kelas

Kelas adalah suatu kumpulan yang memiliki karakteristik dimensi/nilai (*attribute*) dan perilaku (*behaviour*), dimana perwujudannya dinyatakan secara fisik dengan melakukan instansiasi suatu objek. Pengertiannya adalah kelas memiliki informasi detail tentang karakteristik keadaan dirinya, namun pada penggunaan kelas tersebut, perlu dibuat suatu penamaan objek yang menyimpan segala karakteristik kelas tersebut. Perumpamaannya adalah kelas fluida yang memiliki nilai kapasitas dan berat jenis perlu ditampung sebuah objek bernama gelas fluida.

2.4.2.1.3. Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah suatu objek yang dijadikan suatu model penyembunyian detail informasi pada kelas, sehingga cara untuk mengakses data objek tersebut adalah dengan membuat suatu level komunikasi berupa *interface*. *Interface* adalah suatu layanan yang terbuka (publik) yang dapat digunakan dan diimplementasikan dalam suatu pemrograman software. Tujuannya adalah sebagai efisiensi kerja, dimana pembuat software (programmer) tidak perlu tahu segala detail aktifitas di dalam kelas. Namun yang

dipahami adalah esensi penggunaan fungsi kelas pada suatu sistem.

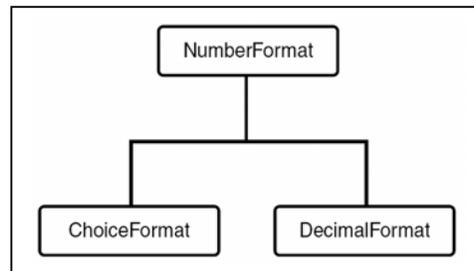


Gambar 2.4. Ilustrasi tentang enkapsulasi. [4]

2.4.2.1.4. Inheritance (turunan)

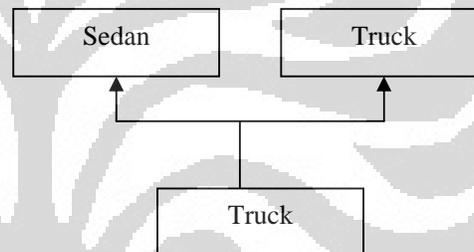
Inheritance (penurunan/pewarisan) adalah suatu objek yang hirarki dimana karakteristik dimensi/nilai (*attribute*) dan perilaku (*behaviour*) dari induk kelas (*parent class*) diperluas atau ditambahkan tanpa menghilangkan karakteristik induk kelasnya. Kelas yang diturunkan disebut anak kelas (*child class*). Inheritance adalah suatu pemecahan masalah apabila terjadi perubahan sistem software tanpa perlu merubah dari awal suatu sistem software yang telah dibuat, selain itu juga dapat melakukan pengelompokan fungsi dari induk kelasnya. Jenis inheritance dibagi dua, yaitu :

- *single inheritance* adalah suatu model dimana anak kelas (*child class*) hanya dapat diinherit satu induk kelas (*parent class*) saja.



Gambar 2.5. Ilustrasi tentang single inheritance parent class dengan multi child class. [5]

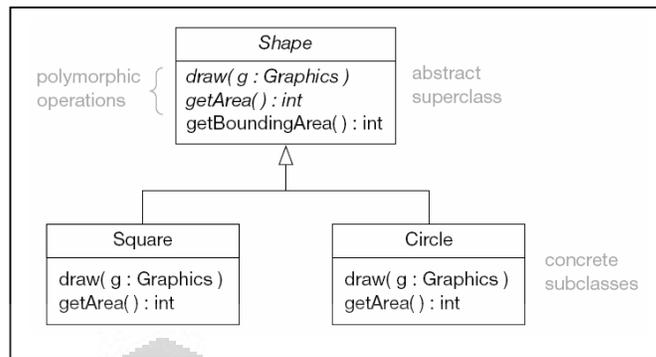
- *multi inheritance* adalah suatu model dimana anak kelas (*child class*) dapat diinherit oleh lebih dari satu induk kelas (*parent class*).



Gambar 2.6. Ilustrasi tentang multi inheritance child class dengan multi parent class.

2.4.2.1.5. Polimorfisme

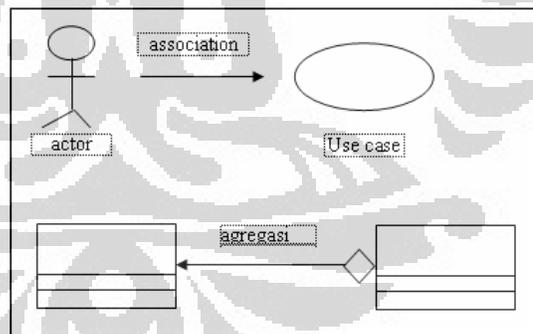
Polimorfisme adalah suatu model penamaan objek yang sama, namun cara penyampaian karakteristik dimensi/nilai (*attribute*) dan perilaku (*behaviour*) berbeda. Hal ini bertujuan untuk menyederhanakan penyusunan penulisan kode pemrograman yang memiliki kemiripan fungsi namun pengoperasian berbeda serta memudahkan pencarian dan penyelesaian masalah di dalam kode pemrograman.



Gambar 2.7. Ilustrasi tentang polimorfisme. [6]

2.4.2.1.6. Asosiasi dan agregasi

Asosiasi adalah hubungan antar objek yang menyatakan banyaknya nilai kebutuhan pada objek yang saling terhubung. Sedangkan agregasi adalah hubungan asosiasi yang menggambarkan seluruh bagian suatu objek merupakan bagian dari objek lainnya. Sebagai contoh hubungan asosiasi adalah beberapa bank dapat dimiliki oleh satu atau beberapa nasabah, sedangkan hubungan agregasi adalah nasabah merupakan bagian dari bank.



Gambar 2.8. Ilustrasi tentang asosiasi dan agregasi. [7]

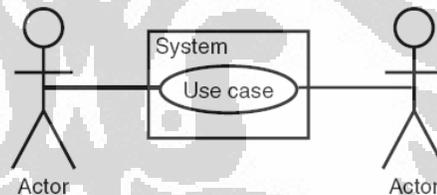
2.4.2.2. Komponen UML

Penerapan objek orientasi masih merupakan upaya kegiatan analisa dan desain berupa pengelompokan dan pemodelan visual berdasarkan objek dan kelas, serta hubungan dimilikinya, sehingga beberapa komponen UML melakukan upaya penggambaran analisa

desain berupa pemodelan diagram dan bisnis, dimulai dari syarat keperluan sistem, urutan proses kegiatan input dan output sistem pada aplikasi yang akan dirancang sampai kepada pembentukan kelas yang siap dibuat untuk pemrograman software lebih lanjut. Untuk membuat suatu model UML, beberapa komponen UML berupa diagram grafis adalah sebagai berikut :

2.4.2.2.1. Use case diagram

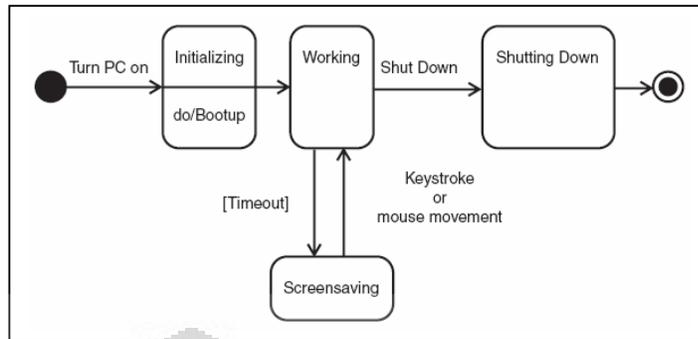
Use case diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan keterlibatan antara pengguna sistem (*aktor*) sebagai input dan output, serta aplikasi sistem (*use case*) sebagai proses bisnis. Pada bagian ini akan dikemukakan mengenai analisa syarat (*requirement*) aktor untuk dapat berinteraksi dengan aplikasi sistem. Aplikasi sistem dapat berupa kumpulan kelas-kelas dalam suatu objek.



Gambar 2.9. Contoh Penerapan Use Case Diagram. [8]

2.4.2.2.2. Statechart diagram

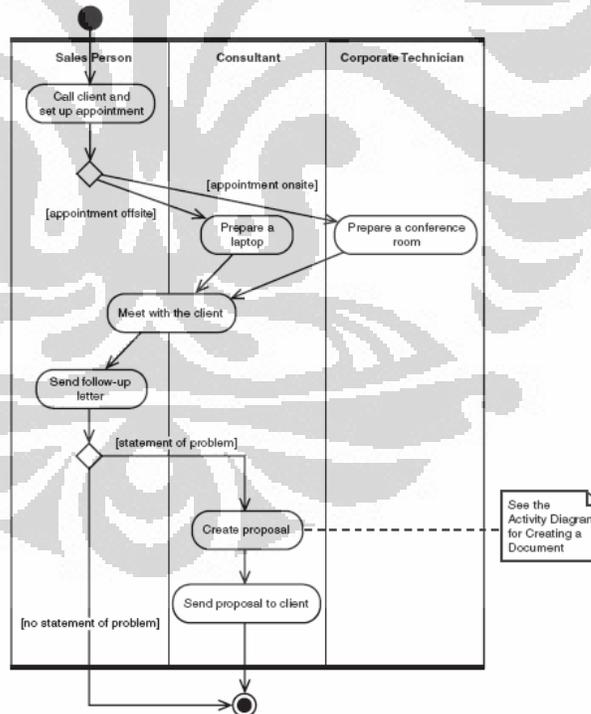
Statechart diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan kejadian secara detail dan berurutan pada setiap objek dan kelas didalam aplikasi sistem (*use case*) saat berlangsungnya perubahan pada kegiatan proses bisnis.



Gambar 2.10. Contoh penerapan state diagram. [9]

2.4.2.2.3. Activity diagram

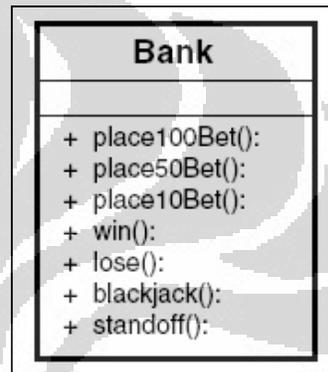
Activity diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan alur kerja (workflow) secara detail berurutan pada setiap objek didalam aplikasi sistem (*use case*) berdasarkan kegiatan *statechart diagram*.



Gambar 2.11. Activity diagram. [10]

2.4.2.2.4. Class diagram

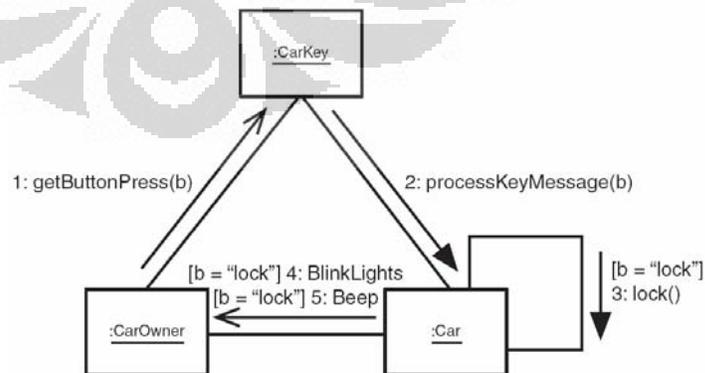
Class diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan konten berupa informasi penamaan setiap objek dan kelas. Class diagram merupakan kerangka awal untuk pembuatan software selanjutnya dan sebagai acuan pembentukan *component diagram* dan *deployment diagram*, setelah memahami keseluruhan diagram.



Gambar 2.12. Class diagram. [13]

2.4.2.2.5. Collaboration diagram

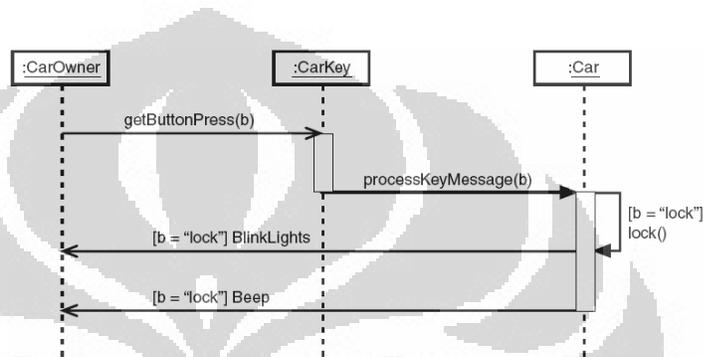
Collaboration diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan interaksi dan hubungan terstruktur antar objek tanpa melihat urutan suatu kejadian, seperti lain halnya dengan *sequence diagram*.



Gambar 2.13. Collaboration diagram. [12]

2.4.2.2.6. Sequence diagram

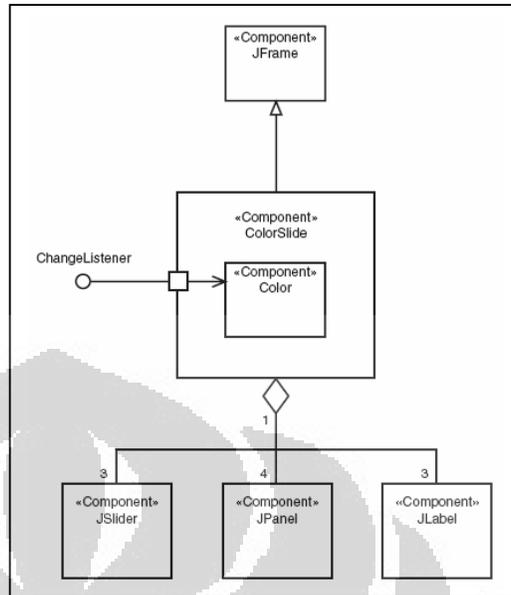
Sequence diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan interaksi berbagai antar objek dan kelas secara detail berurutan didalam aplikasi sistem (*use case*) berdasarkan kegiatan *statechart diagram* dan *activity diagram*.



Gambar 2.14. Sequence diagram. [11]

2.4.2.2.7. Component diagram

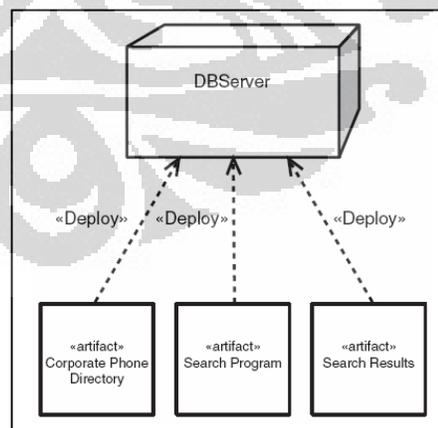
Component diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan pengelompokan alokasi objek dan kelas yang sudah berbentuk suatu paket atau sub paket. *Component diagram* digunakan bagi keperluan pembuatan software yang reuseable (sering dipakai ulang), sehingga mempersingkat waktu pembuatan software.



Gambar 2.15. Component diagram. [14]

2.4.2.2.8. Deployment diagram

Deployment diagram adalah suatu pemodelan diagram yang menggambarkan arsitektur dan komunikasi antara software dengan hardware yang akan diterapkan. Umumnya meliputi spesifikasi operasi sistem, database, prosesor, memory, dan kapasitas penyimpanan data yang diperlukan.

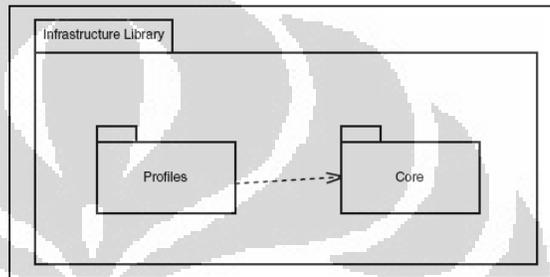


Gambar 2.16. Deployment diagram. [15]

Selain diagram tersebut diatas, UML masih memiliki beberapa tambahan model visual untuk mendukung deskripsi terhadap diagram-digram, yaitu sebagai berikut :

2.4.2.2.9. Paket

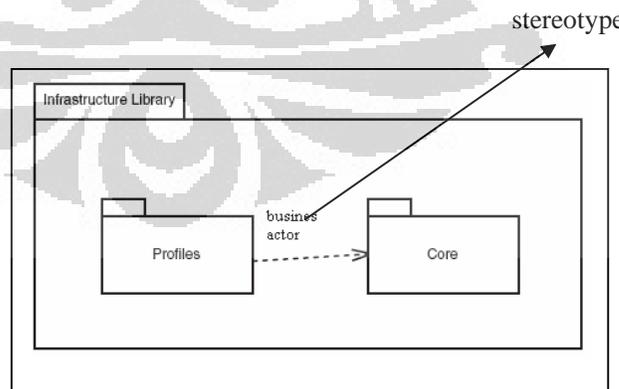
Paket (*Package*) adalah suatu pemodelan yang menggambarkan pengelompokan komponen suatu software untuk keperluan pembentukan *class diagram*.



Gambar 2.17. Package diagram. [16]

2.4.2.2.10. Stereotype

Stereotype adalah suatu pemodelan yang dinotasikan "`<<>>`". Umumnya dipakai pada class diagram, component diagram, dan deployment diagram, sebagai informasi jenis tugas yang dilaksanakan pada pembuatan software, misalnya ; `<<import>>`, `<<include>>`. Hal ini tergantung kode bahasa pemrograman yang digunakan.



Gambar 2.18. Stereotype. [17]

2.4.2.2.11. Hubungan (*relationship*)

Hubungan adalah koneksi antar model berbagai komponen UML. Hal ini sama seperti pemodelan yang dilaksanakan pada penerapan objek orientasi analisa dan desain (OOAD), dimana UML membagi menjadi dua kategori, yaitu :

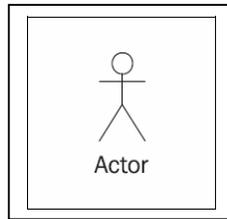
- Hubungan asosiasi (*association relationship*).
- Hubungan agregasi (*agregation relationship*).

2.4.2.3. Proses bisnis dan model bisnis (*business process and business model*)

Proses bisnis adalah seluruh kegiatan pada suatu sistem yang dirancang untuk menghasilkan keluaran (*output*) tertentu bagi customer tertentu sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Untuk memodelkan suatu proses bisnis, penggambaran garis besar skema dan prosedur harus direncanakan dan ditentukan terlebih dahulu bagi pelaksanaan penerapan suatu sistem dan pekerjaan software, agar sesuai dengan kesepakatan yang ingin dicapai dan memberi keyakinan berdasarkan pertimbangan biaya dan waktu.

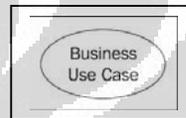
Model bisnis adalah suatu pemetaan berupa skema organisasi untuk menggambarkan kegiatan komponen diagram-diagram UML. Penerapan model ini merupakan finalisasi suatu rancangan software sebelum dilakukan pembuatan software, sehingga perlu dikonfirmasi kepada seluruh pengguna sistem yang terlibat apakah penerapan sistem sudah sesuai dengan yang disepakati. Pada model bisnis memiliki beberapa elemen model visualisasi, yaitu :

- *Business actor*, untuk menggambarkan peran fungsi bagi tiap pengguna dan anggota organisasi yang terlibat di dalam sistem.



Gambar 2.19. Business actor. [18]

- *Business use case*, menggambarkan urutan kegiatan yang dilaksanakan suatu bisnis yang menghasilkan nilai keluaran yang dapat dilihat dan ditujukan untuk suatu *business actor* tertentu.

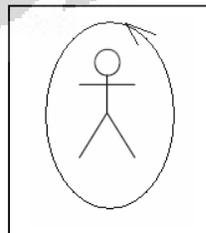


Gambar 2.20. Business use case. [19]

- *Business use case realization*, menggambarkan sudut pandang pada beberapa diagram, yaitu *class diagram*, *activity diagram*, *sequence diagram*.

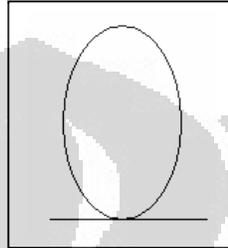
Gambar 2.21. Business use case realization. [20]

- *Business worker*, adalah menggambarkan kegiatan *business actor* disertai tanggung jawab pada suatu sistem.



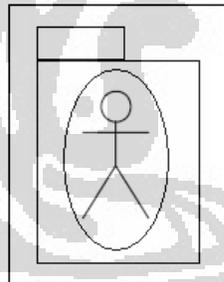
Gambar 2.22. Business worker. [21]

- *Business entity*, menggambarkan kegiatan *business worker* selama melaksanakan *business use case*. Sebagai contoh *business entity* menggambarkan sebuah dokumen atau bagian yang esensial dari sebuah produk. Setiap *business entity* harus diberi nama yang menggambarkan tanggung jawabnya.



Gambar 2.23. Business entity. [22]

- *Organization unit*, adalah menggambarkan seluruh kegiatan bisnis ke dalam sebuah unit organisasi pada suatu paket UML.



Gambar 2.24. organization unit. [23]

2.4.2.4. Model persyaratan (*requirement model*)

Requirement model adalah suatu model yang menggambarkan kondisi atau kemampuan yang harus dipenuhi oleh software aplikasi yang akan dibuat. Model ini meliputi beberapa hal, yaitu :

1. Penyediaan fasilitas yang dimiliki pada software.
2. Kemampuan untuk melakukan testing, perluasan sistem, perawatan dan perbaikan.

3. Level keamanan dalam interaksi ke dalam sistem.
4. Pengelolaan estetika dan hal lain mendukung kemudahan dalam pengoperasian software (*help, wizard*, materi training).
5. Unjuk kerja pengoperasian software, meliputi kecepatan, efisiensi, akurasi, waktu respon.
6. Kehandalan software untuk menangani error.

2.4.2.5. Model analisa (*analysis model*)

Model analisis adalah suatu model untuk mengembangkan elemen-elemen model desain yang bertujuan untuk membuat pemetaan awal mengenai perilaku sistem aplikasi ke dalam elemen-elemen pemodelan. Elemen model desain yang terdapat dalam model analisis disebut kelas analisis yang meliputi :

1. Kelas *boundary* adalah kelas yang memodelkan interaksi antara satu atau lebih *actor* dengan sistem. Kelas *boundary* memodelkan bagian dari sistem yang tergantung pada pihak lain disekitarnya dan merupakan pembatas sistem dengan dunia luar. Kelas *boundary* dapat berupa :
 - *User interface* yang merupakan sarana komunikasi antara sistem dengan user, misalnya jendela (*window*) dalam GUI.
 - *System interface* yang merupakan sarana komunikasi antara sistem dengan sistem informasi lainnya, misalnya *communication protocol*.
 - *Device interface* yang merupakan sarana komunikasi antara sistem dengan *device* (alat), seperti printer, sensor, dan sebagainya.
2. Kelas kontrol adalah kelas yang memodelkan perilaku mengatur, khusus untuk satu atau beberapa *use case* saja. Objek kontrol (*instance* dari kelas kontrol) biasanya mengontrol objek lain. Kontrol objek mengkoordinasikan

perilaku sistem dan menggambarkan dinamika dari suatu sistem, menangani tugas utama, dan mengontrol alur kerja suatu sistem.

3. Kelas *entity* adalah kelas yang memodelkan informasi yang harus disimpan oleh sistem. Kelas *entity* memperlihatkan struktur data dari sebuah sistem. Olehkarena itu, kelas ini membantu untuk memahami apa yang kira-kira akan ditawarkan oleh sistem kepada *user*.

2.4.2.6. Implementasi

Implementasi adalah kegiatan untuk melakukan lingkup pemrograman pada pembuatan software setelah pelaksanaan berbagai kegiatan analisa dan perancangan software sudah selesai dilakukan. Implementasi digunakan untuk menyusun desain sistem software agar kita mendapatkan bukti bahwa desain sistem software tersebut dibuat sebaik mungkin. Model desain tersusun atas semua kelas-kelas desain, paket desain, beserta kolaborasi dan relationship antar elemen.

BAB III

PELAKSANAAN PENGEMBANGAN COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM DENGAN MENGUNAKAN UNIFIED MODELING LANGUAGE

3.1. TINJAUAN UMUM UML PADA PELAKSANAAN SKENARIO PROSES BISNIS CMMS

Proyek manajemen merupakan suatu kegiatan komunikasi antara pengguna software (customer) dan pembuat software (provider) untuk memberikan data-data spesifikasi dan kebutuhan (*requirement*) mengenai lingkup proyek yang akan dikerjakan.

Beberapa batasan masalah yang terkait dengan modul-modul CMMS terdiri atas sembilan modul. Diantaranya merupakan objek yang saling berkaitan pada pelaksanaan rancangan skripsi ini. Dari sembilan modul tersebut, maka modul-modul tersebut dibagi menjadi dua bagian, yaitu modul primer dan modul sekunder. Modul primer adalah modul rujukan bagi modul sekunder yang bersifat non duplikasi pada konten data informasi yang dimilikinya dan dinotasikan dengan (1) atau (1..0). Hal ini ditujukan untuk menjaga konsistensi kesesuaian dalam pengolahan data. Modul primer CMMS tersebut adalah sebagai berikut :

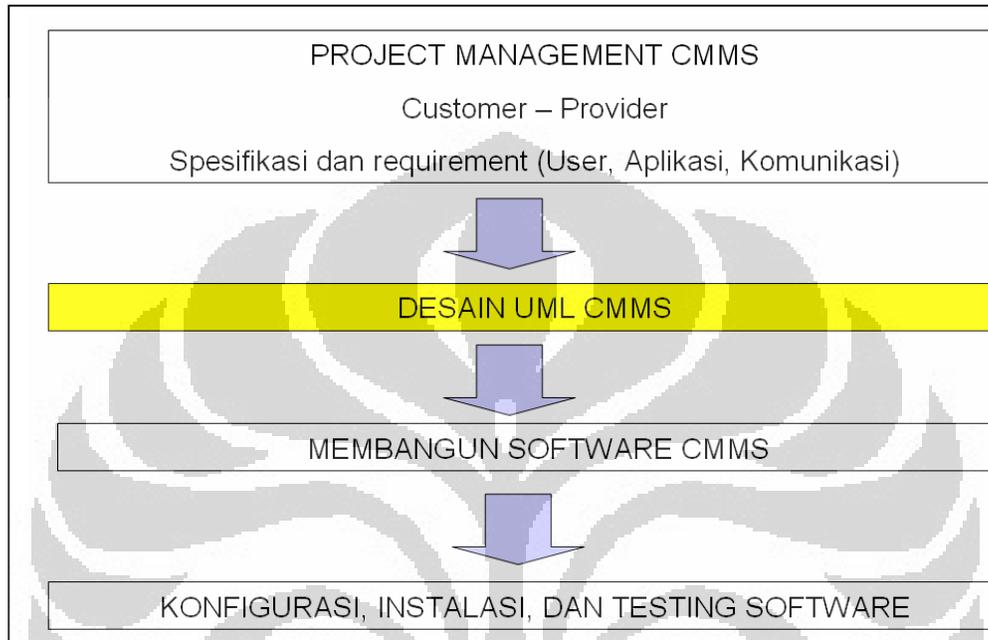
1. Manajemen data peralatan.
2. Manajemen suku cadang peralatan.
3. Tenaga kerja.
4. Sistem WO.
5. Penyedia jasa dan barang (vendor).

Sedangkan modul sekunder adalah modul yang merujuk pada modul primer yang pada umumnya bersifat non duplikasi dan dinotasikan dengan (1..n) atau (n).

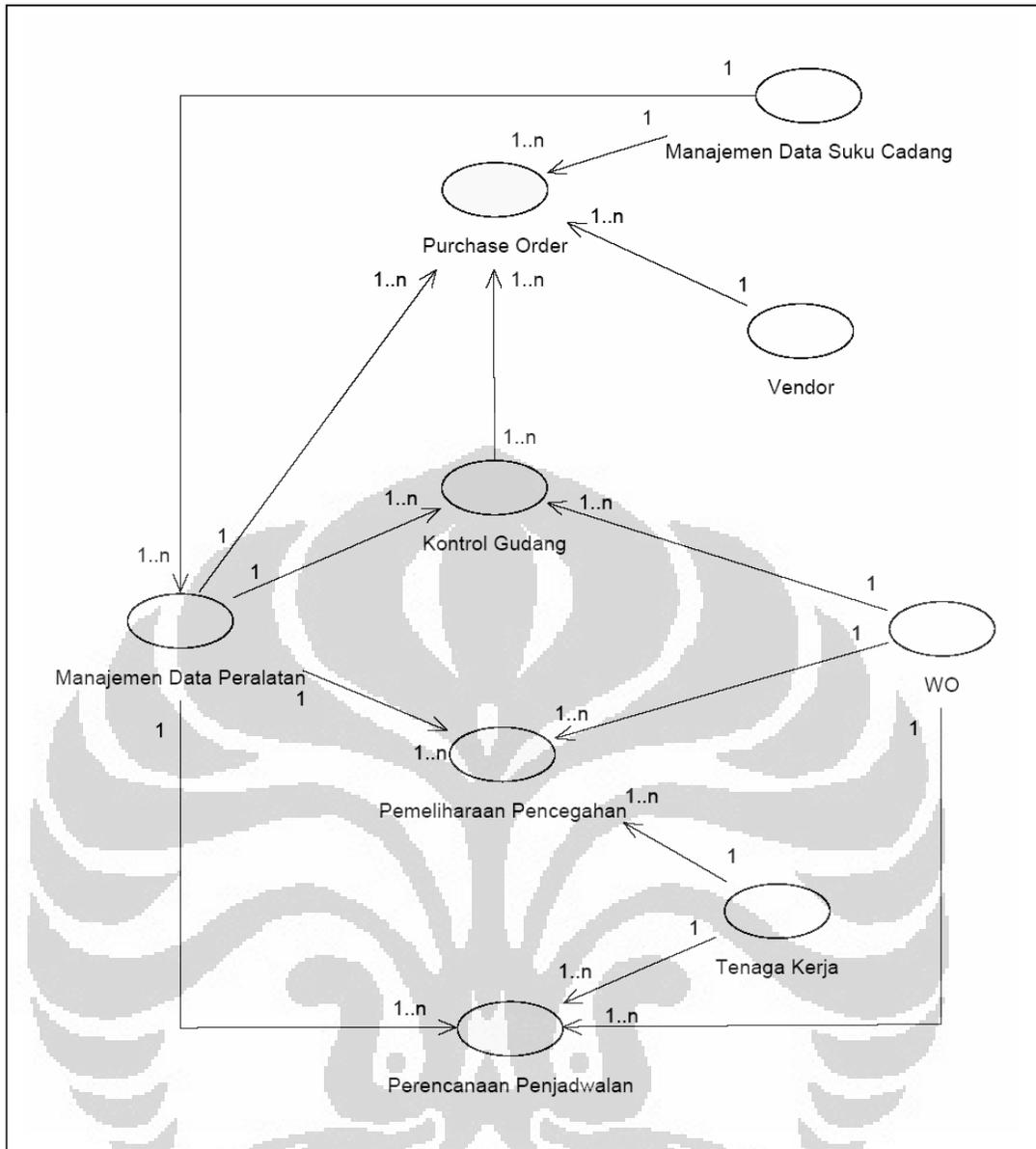
Modul skunder CMMS tersebut meliputi sebagai berikut :

1. Pemeliharaan pencegahan.
2. Perencanaan dan penjadwalan.
3. Kontrol gudang.
4. Pembelian (purchase).

Untuk melihat gambaran secara ringkas mengenai penjelasan skenario pelaksanaan proses bisnis CMMS dan tinjauan UML pada pelaksanaan proses CMMS , maka dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1. Tinjauan UML pada pelaksanaan scenario CMMS.



Gambar 3.2. Pemodelan tinjauan umum skenario CMMS.

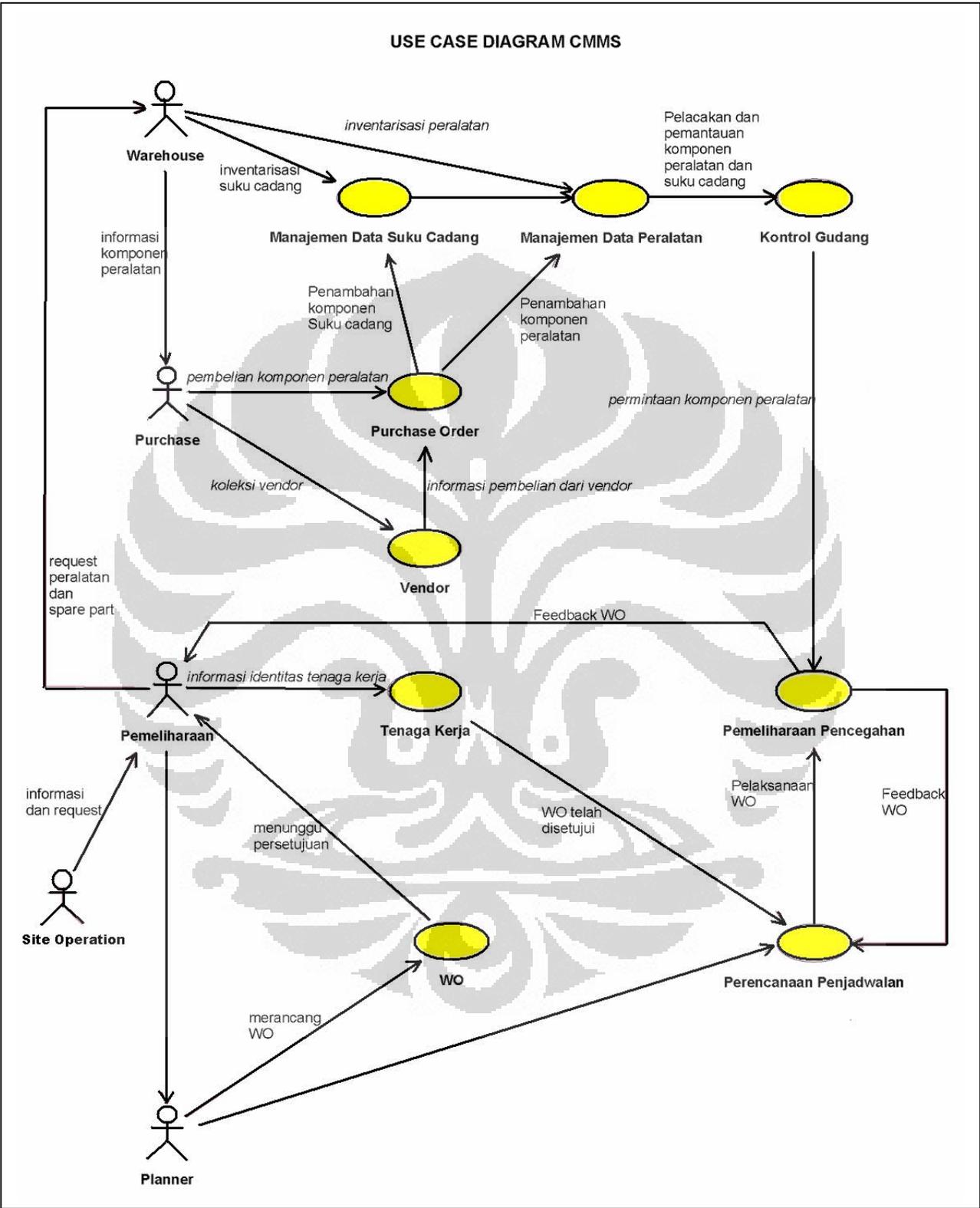
3.2. SKENARIO PADA USE CASE DIAGRAM

Penentuan mengenai aktor, aplikasi (*business use case*), dan hubungan antar aktor dan antar aplikasi merupakan suatu penjabaran dalam pemodelan diagram use case untuk dapat melihat interaksi secara keseluruhan proses bisnis CMMS. Aktor adalah orang-orang yang terlibat pada aplikasi. Sedangkan aplikasi adalah modul-modul dari CMMS yang memproses input yang diberikan aktor dan memberikan hasil keluaran dari proses kepada aktor tersebut atau aktor yang lainnya. Interaksi antara aktor dan aplikasi dinyatakan oleh suatu hubungan

asosiasi, sehingga dari *use case diagram* dapat dilihat gambaran seluruh proses secara umum.

Penggambaran secara ringkas dan jelas mengenai *use case diagram* dapat dilihat pada gambar 3.3 yang dapat dibaca dan diketahui bahwa terdapat tiga sistem yang saling berhubungan, yaitu :

1. Pengadaan suku cadang yang melibatkan dua aktor, yakni warehouse dan purchase serta empat modul aplikasi, yakni manajemen data peralatan, manajemen suku cadang peralatan, kontrol gudang, purchase order (PO), dan vendor.
2. Pemakaian suku cadang dan pekerjaan pemeliharaan yang melibatkan tiga aktor, yakni site operation, pemeliharaan, warehouse serta lima aplikasi, yakni pemeliharaan pencegahan, tenaga kerja, manajemen data peralatan, manajemen suku cadang peralatan dan kontrol gudang.
3. Pelaksanaan WO yang melibatkan dua aktor, yakni planner dan pemeliharaan serta empat aplikasi, yakni pemeliharaan pencegahan, tenaga kerja, perencanaan penjadwalan, dan WO.



Gambar 3.3. Pemodelan skenario pada use case diagram.

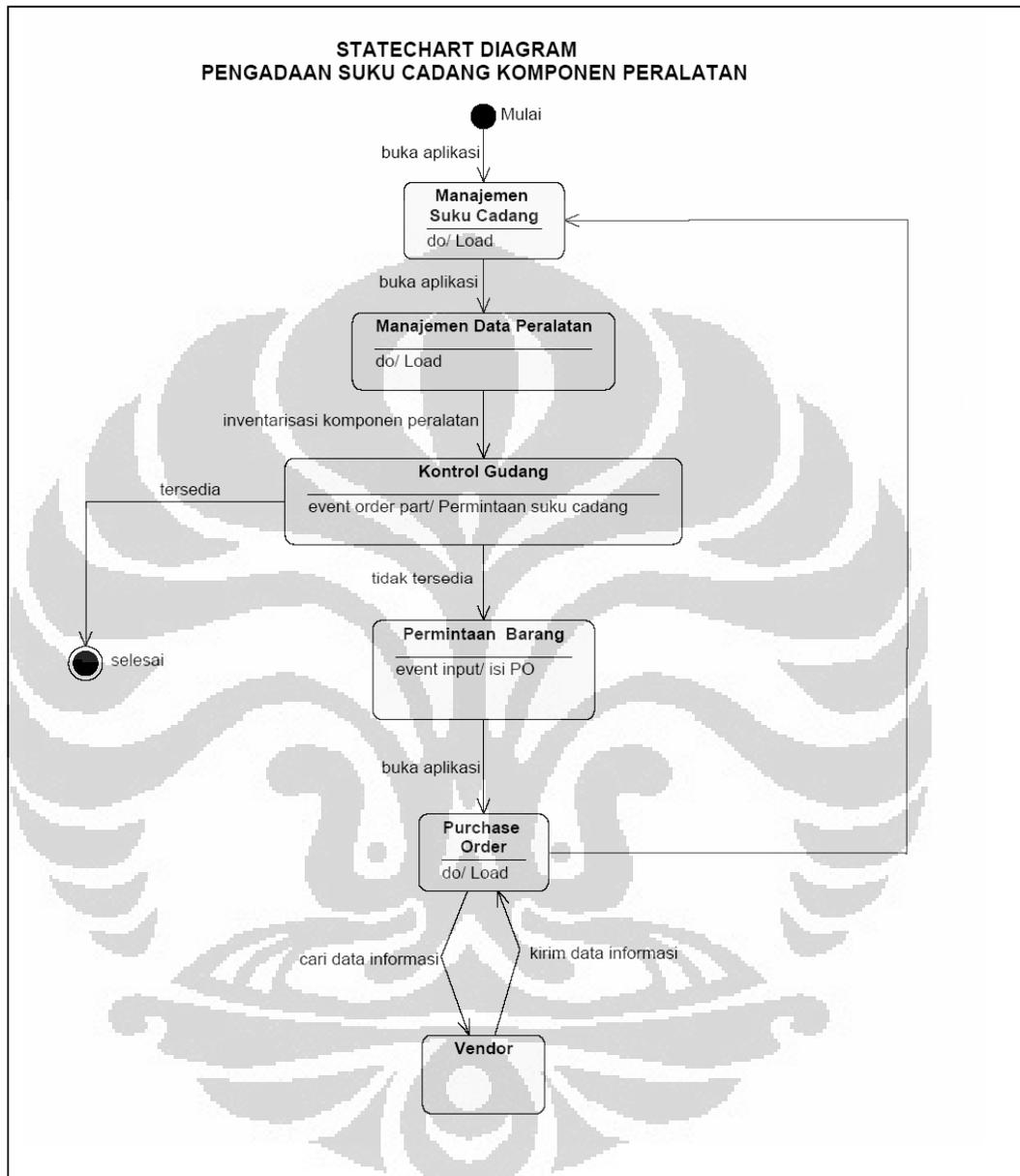
3.3. SKENARIO PADA STATECHART DIAGRAM

Model skenario diagram ini dapat dilihat pada gambar 3.4, gambar 3.5, gambar 3.6, sebagai penjelasan lanjutan dari skenario use case diagram, yakni sistem pengadaan suku cadang, pemakaian suku cadang, dan pelaksanaan WO tanpa disertai adanya pemodelan aktor.

Pada skenario sistem pengadaan barang, aplikasi manajemen data peralatan diaktivasi terlebih dahulu untuk memantau dan menginventarisasi peralatan, kemudian aplikasi kontrol gudang melengkapi dengan informasi mengenai lokasi, jumlah stok, vendor, dan peralatan yang akan digunakan dalam WO. Namun ketika peralatan mengalami ketidaktersediaan, maka aplikasi purchase order difungsikan untuk melakukan pembelian peralatan dengan merujuk pada aplikasi vendor.

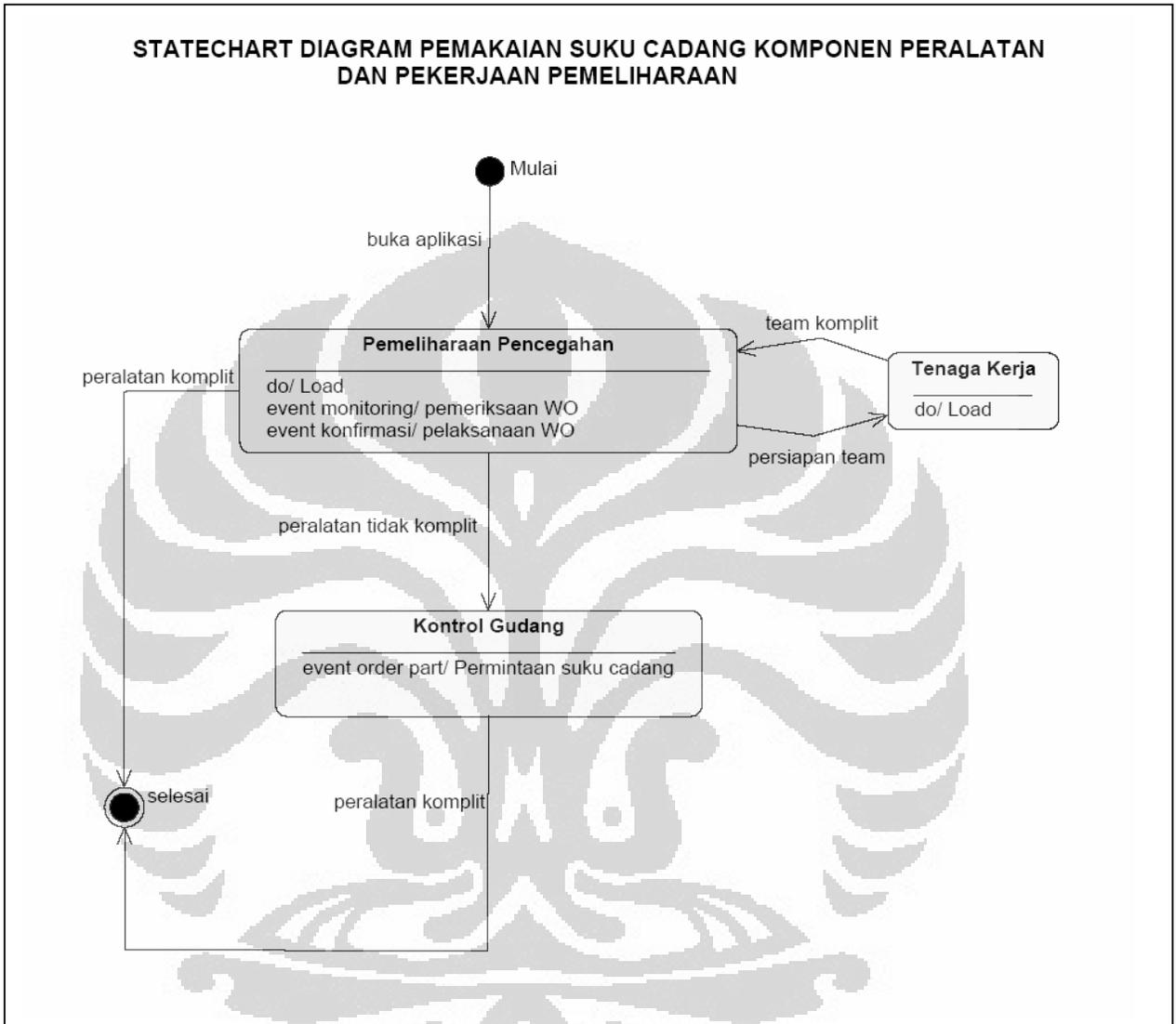
Pada skenario sistem pekerjaan pemeliharaan, aplikasi pemeliharaan pencegahan diaktivasi terlebih dahulu untuk mencetak informasi pekerjaan yang akan dilakukan dan mempersiapkan kelengkapan komponen peralatan melalui aplikasi kontrol gudang dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan. Sedangkan pada sistem pemakaian peralatan, pada pihak aktor site operation meminta dan memberi informasi kebutuhan komponen peralatan kepada pihak aktor pemeliharaan untuk melakukan tindakan koordinasi kepada aktor warehouse agar melakukan penyediaan barang yang diperlukan.

Pada skenario sistem pelaksanaan WO, aplikasi WO diaktivasi terlebih dahulu untuk merencanakan penjadwalan pekerjaan pelaksanaan pemeliharaan pencegahan melalui aplikasi perencanaan penjadwalan. Namun sebelum dilaksanakan pekerjaan pemeliharaan dilakukan. WO harus disetujui pihak bagian pemeliharaan. Setelah disetujui, maka pekerjaan pemeliharaan dilakukan melalui aplikasi pemeliharaan pencegahan sampai WO selesai dilaksanakan dengan memberi feedback informasi kepada pihak aktor pemeliharaan dan planner.

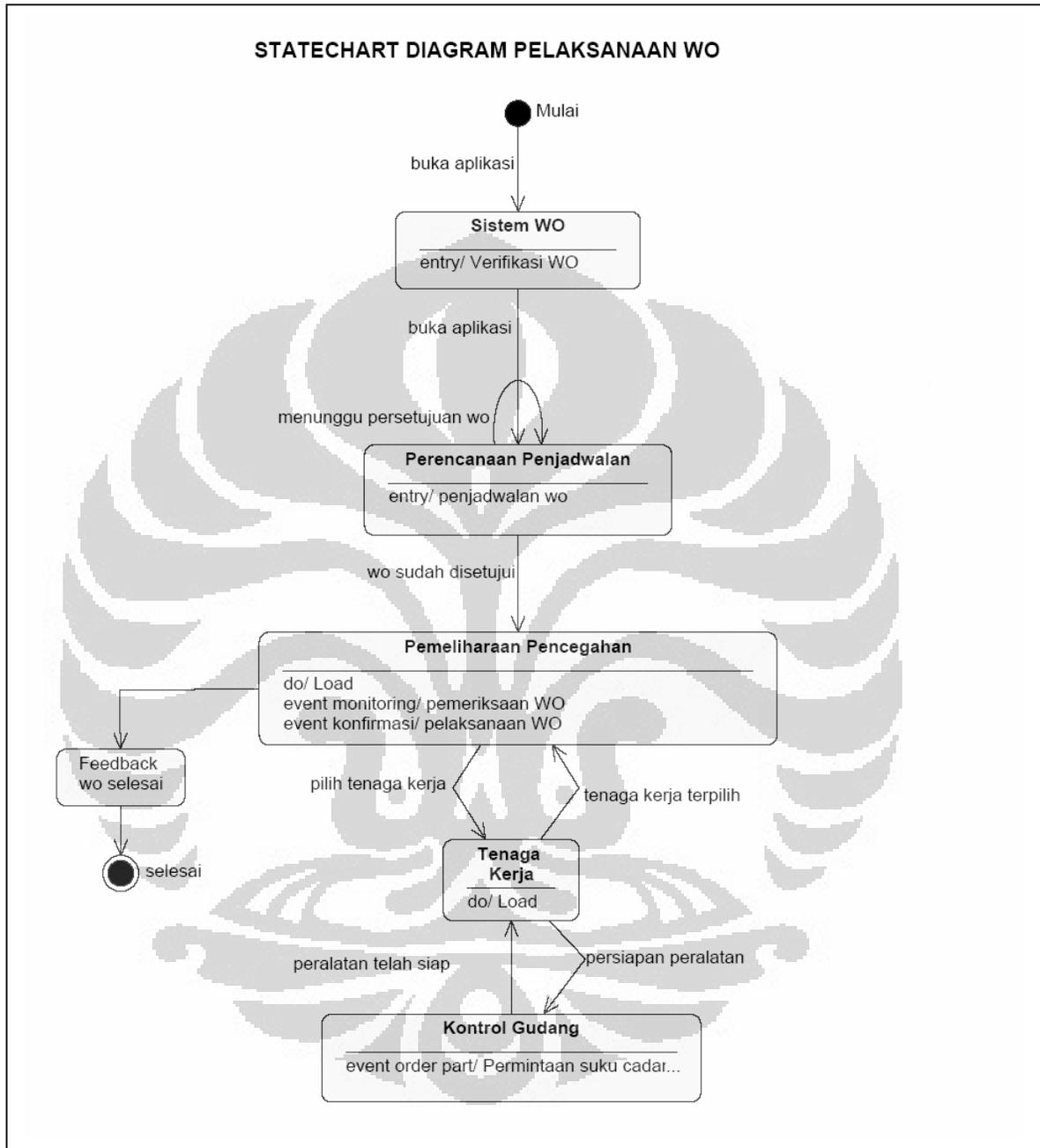


Gambar 3.4. Statechart diagram pengadaan suku cadang komponen peralatan.

**STATECHART DIAGRAM PEMAKAIAN SUKU CADANG KOMPONEN PERALATAN
DAN PEKERJAAN PEMELIHARAAN**



Gambar 3.5. Statechart diagram pemakaian suku cadang komponen peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.



Gambar 3.6. Statechart diagram pelaksanaan WO.

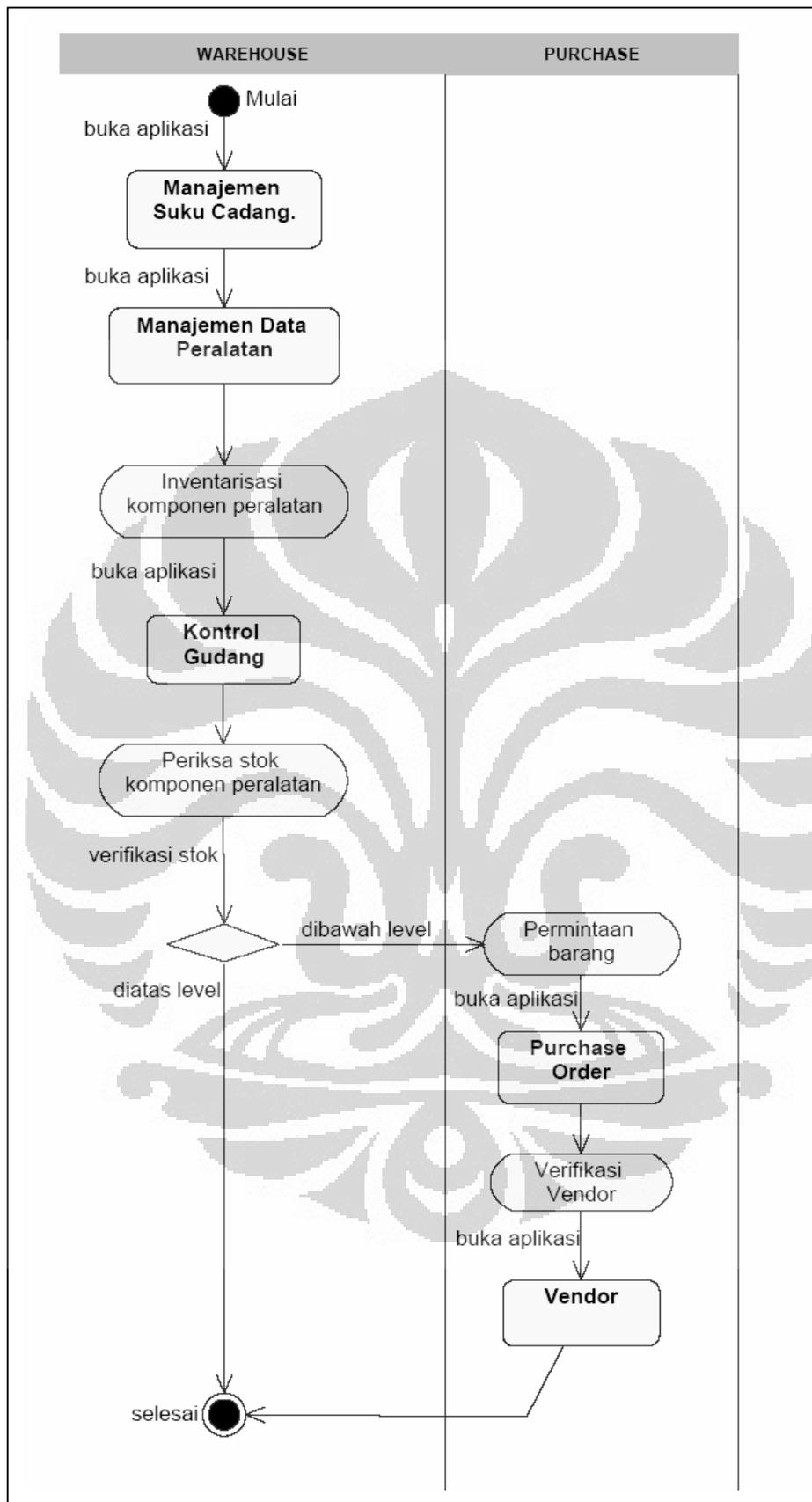
3.4. SKENARIO PADA ACTIVITY DIAGRAM

Model skenario diagram ini dapat dilihat pada gambar 3.7, gambar 3.8, gambar 3.9 yang hampir memiliki kesamaan model dengan statechart diagram. Namun yang membedakan adalah pada activity diagram lebih detail menjelaskan proses tiap langkah seperti alur kerja (workflow) dalam melakukan pengoperasian sistem dan aktivasi aplikasi berdasarkan pengelompokan kegiatan aktor yang terkait dengan aplikasi tersebut.

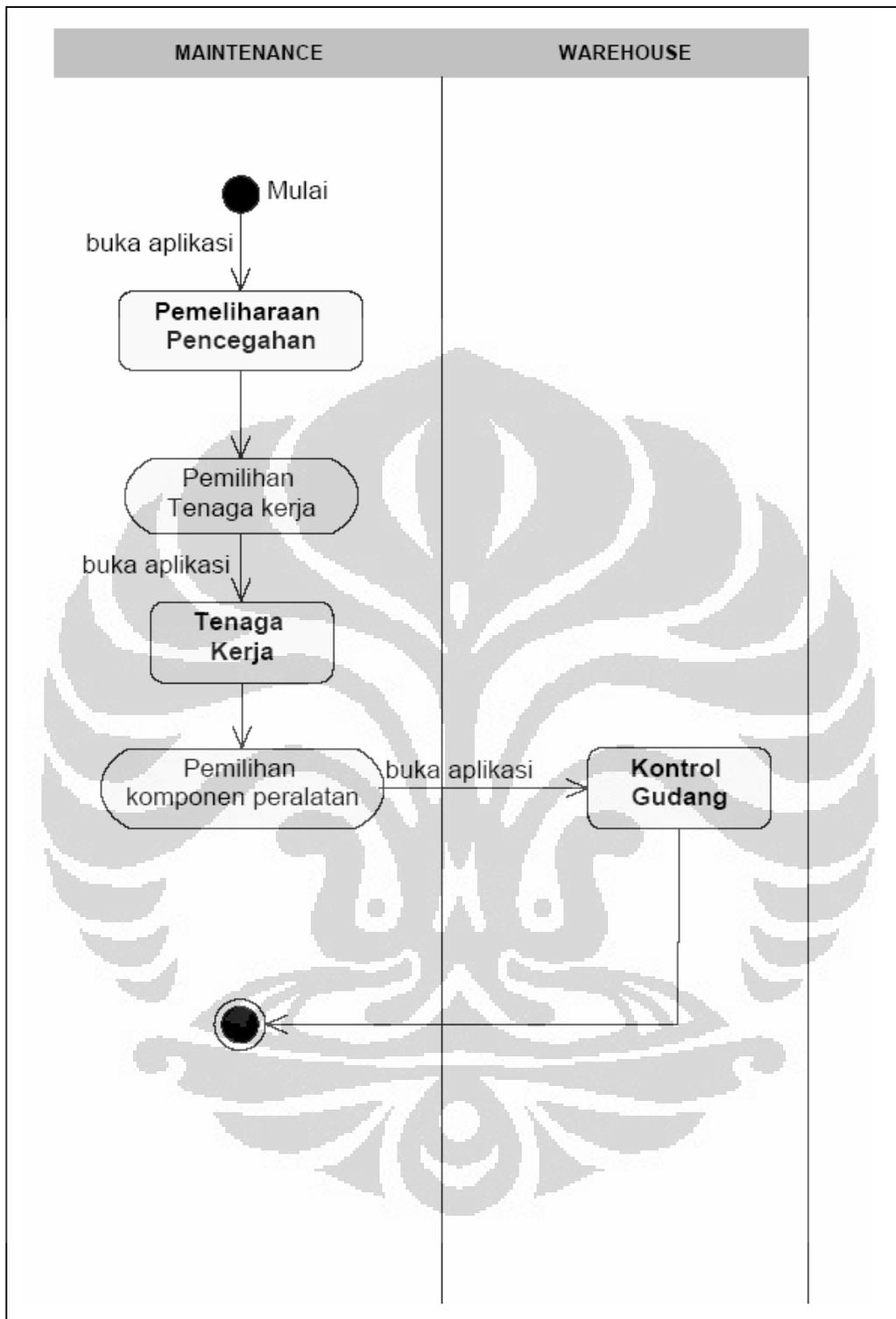
Pada skenario sistem pengadaan suku cadang. Aktor warehouse mengaktivasi aplikasi manajemen data peralatan dan melakukan inventarisasi terhadap data peralatan di lingkungan warehouse. Apabila pencarian data tidak ditemukan, maka perlu dilakukan pengajuan purchase order pada aktor purchase. Namun jika data ditemukan, maka aplikasi kontrol gudang diaktivasi oleh aktor warehouse untuk menunjukkan informasi lokasi, jumlah stok, vendor, dan peralatan yang akan digunakan dalam WO. Apabila terdapat informasi jumlah stok yang sudah dibawah level, maka perlu dilakukan pengajuan purchase order dan melakukan verifikasi vendor untuk melakukan pembelian barang yang diminta.

Pada skenario sistem pemakaian suku cadang dan pekerjaan pemeliharaan, aplikasi pemeliharaan pencegaham diaktivasi oleh aktor maintenance untuk mencetak informasi mengenai persiapan kegiatan pemeliharaan dan pemilihan tenaga kerja serta jumlah yang diperlukan melalui aktivasi aplikasi tenaga kerja. Selanjutnya pemilihan komponen peralatan diverifikasi, apabila peralatan belum lengkap maka aplikasi kontrol gudang diaktivasi oleh aktor warehouse untuk melengkapinya, sehingga sistem akan selesai apabila sudah melakukan pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan.

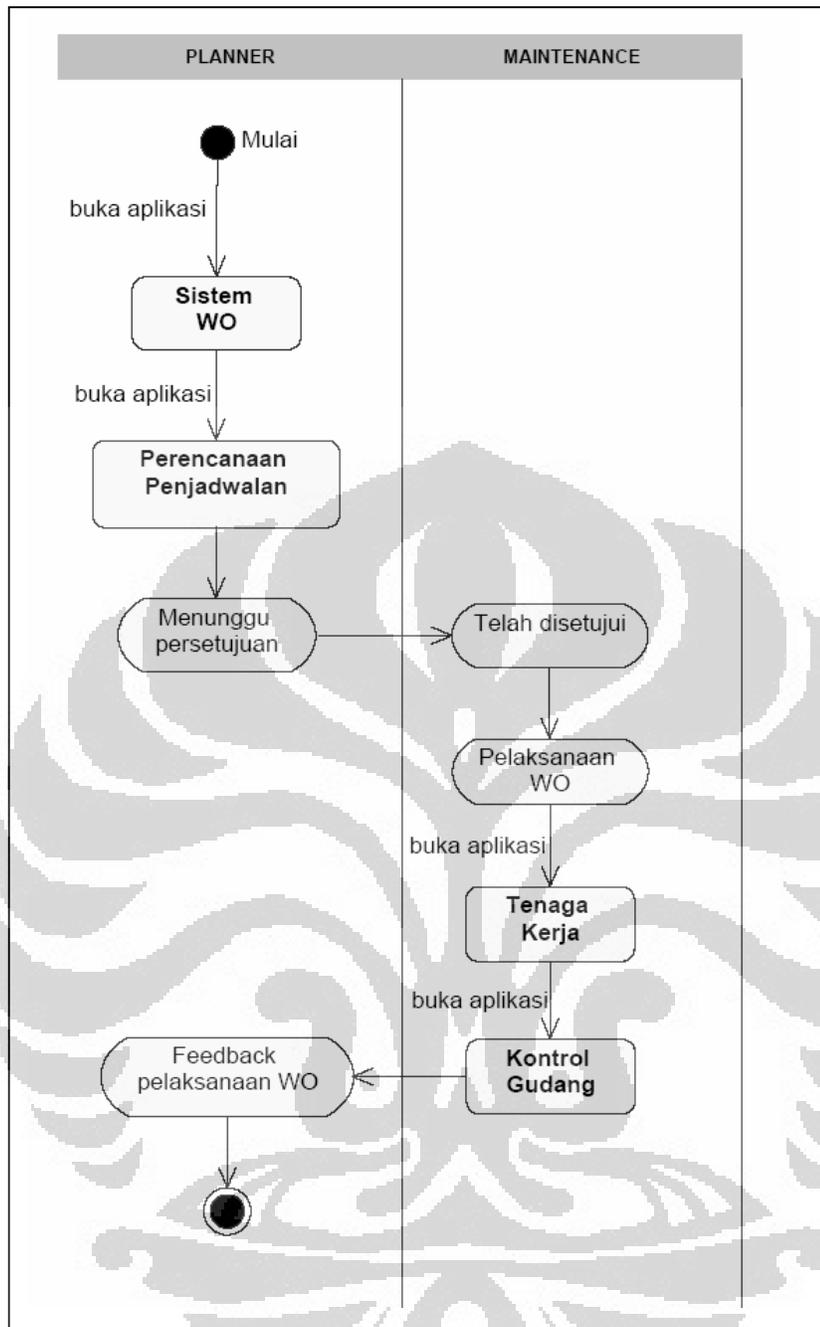
Pada skenario sistem pelaksanaan WO, aktor planner melakukan aktivasi sistem WO lalu mengaktivasi aplikasi perencanaan penjadwalan dan menunggu disetujui oleh maintenance. Setelah disetujui maka WO mulai dilaksanakan bagi pekerjaan pemeliharaan pencegahan dengan mengaktivasi pemeliharaan pencegahan dan tenaga kerja oleh aktor maintenance. Apabila WO telah selesai dilaksanakan, maka informasi feedback diberikan kepada aktor planner.



Gambar 3.7. Activity diagram pengadaan suku cadang.



Gambar 3.8. Activity diagram pemakaian suku cadang peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.

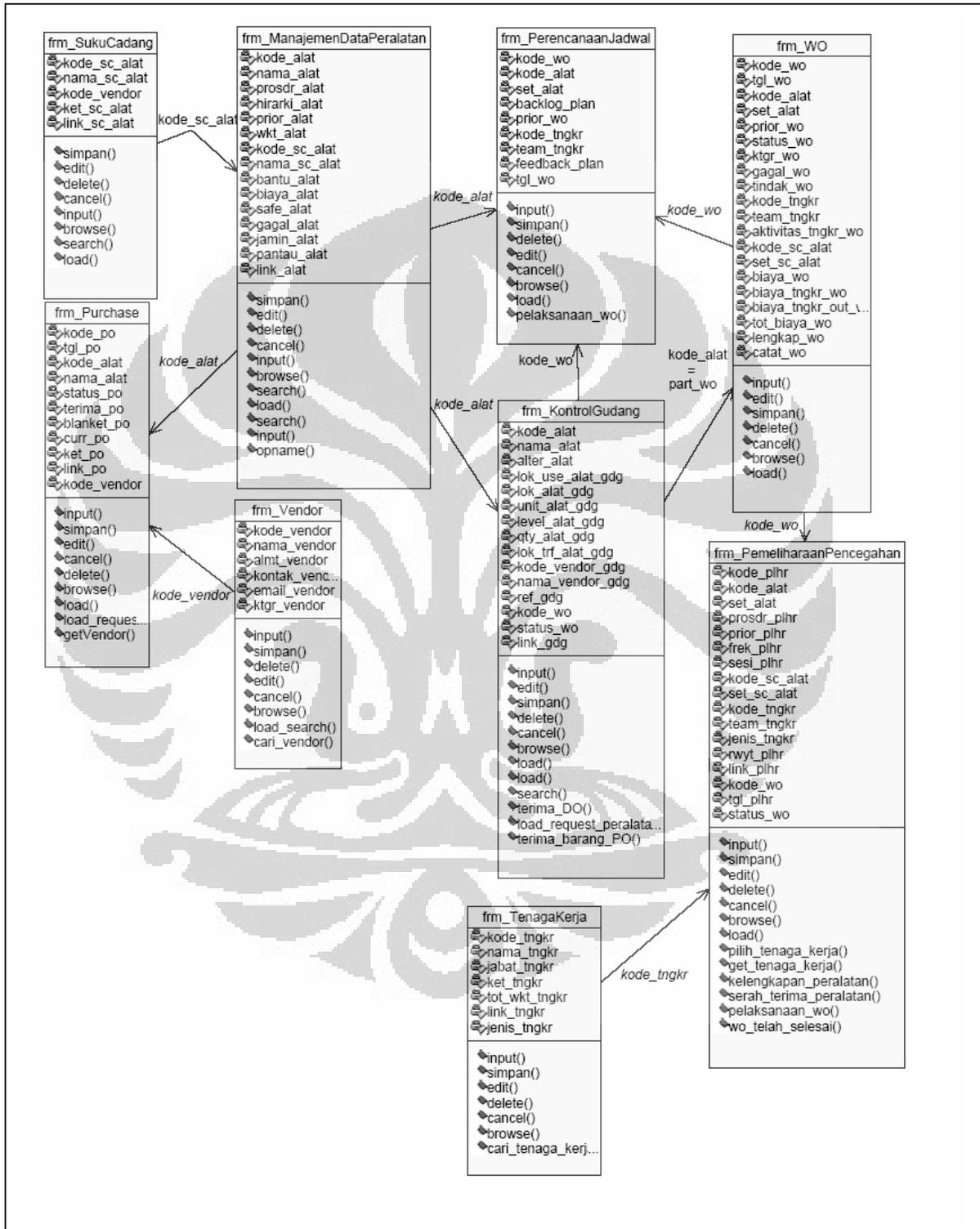


Gambar 3.9. Activity diagram pelaksanaan WO.

3.5. SKENARIO PADA CLASS DIAGRAM

Pada diagram skenario ini, sistem aplikasi digambarkan sebagai objek dan kelas yang memiliki struktur atribut berupa variabel dan prosedur atau metode dalam melakukan proses pengolahan data informasi. Pada pemodelan ini, pembuatan software sudah dapat diperkirakan spesifikasi database dan bahasa

pemrograman yang akan digunakan serta struktur pemrograman yang akan dirancang. Penggambarannya dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Class diagram CMMS.

3.6. SKENARIO PADA COLLABORATION DIAGRAM

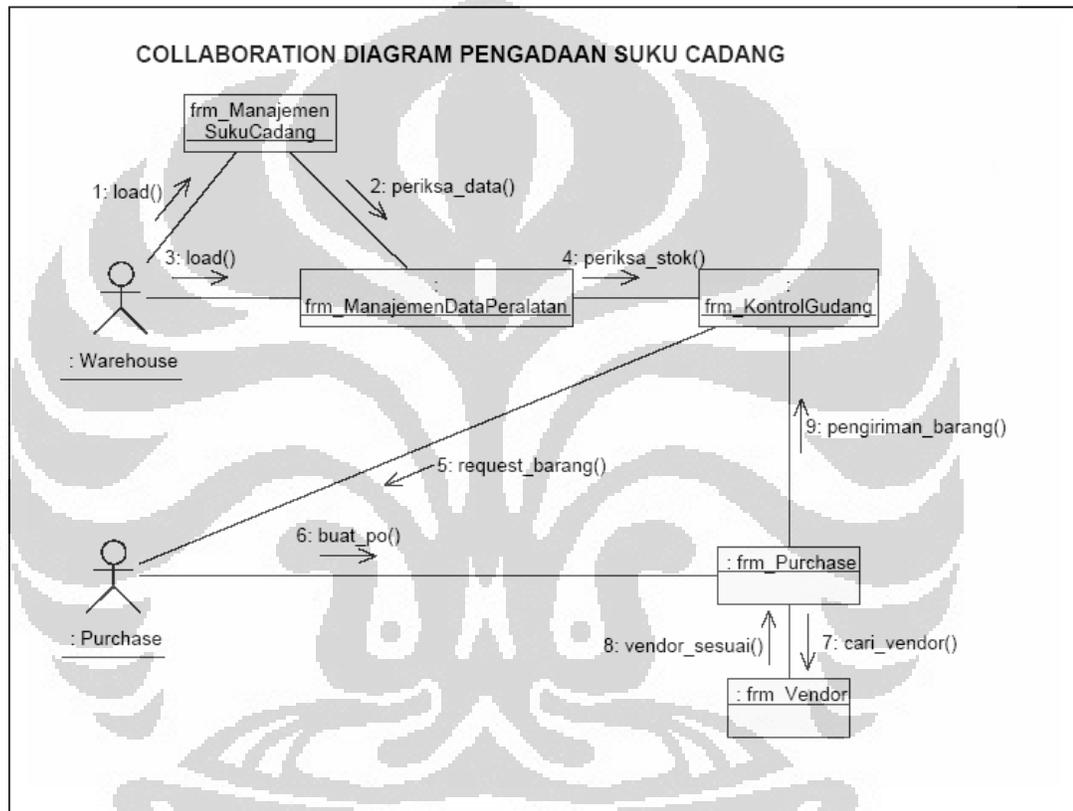
Penggambaran diagram ini dapat dilihat pada gambar 3.11, gambar 3.12 dan gambar 3.13. Sistem aplikasi yang telah dijabarkan dan digambarkan pada class diagram skenario, selanjutnya diteruskan dengan pemodelan collaboration diagram ini untuk melihat interaksi antara class diagram yang telah dibentuk dengan apa yang dilakukan aktor terhadap class diagram tersebut. Dari sembilan aplikasi, masing-masing diberi nama objek, yaitu ;

- Aplikasi manajemen data peralatan dengan nama objek frm_ManajemenDataPeralatan
- Aplikasi manajemen suku cadang peralatan dengan nama objek frm_Sukucadang
- Aplikasi kontrol gudang dengan nama objek frm_KontrolGudang
- Aplikasi purchase order dengan nama objek frm_Purchase
- Aplikasi vendor dengan nama objek frm_Vendor
- Aplikasi tenaga kerja dengan nama objek frm_TenagaKerja
- Aplikasi WO dengan nama objek frm_WO
- Aplikasi perencanaan penjadwalan dengan objek frm_PerencanaanJadwal
- Aplikasi pemeliharaan pencegahan dengan objek frm_PemeliharaanPencegahan.

Pada sistem pengadaan suku cadang, aktor warehouse melakukan aktivasi aplikasi objek frm_ManajemenDataPeralatan dan aplikasi objek frm_KontrolGudang, dimana masing-masing memiliki struktur program load, yang didalamnya memuat kode pemrograman. Jika tidak memiliki ketersediaan suku cadang, maka aktor warehouse melakukan pengajuan barang kepada aktor purchase, sehingga PO akan dibuat dan diproses oleh aplikasi objek frm_Purchase. Pada aplikasi frm_Purchase akan diverifikasi vendor yang dipilih untuk melaksanakan transaksi pembelian.

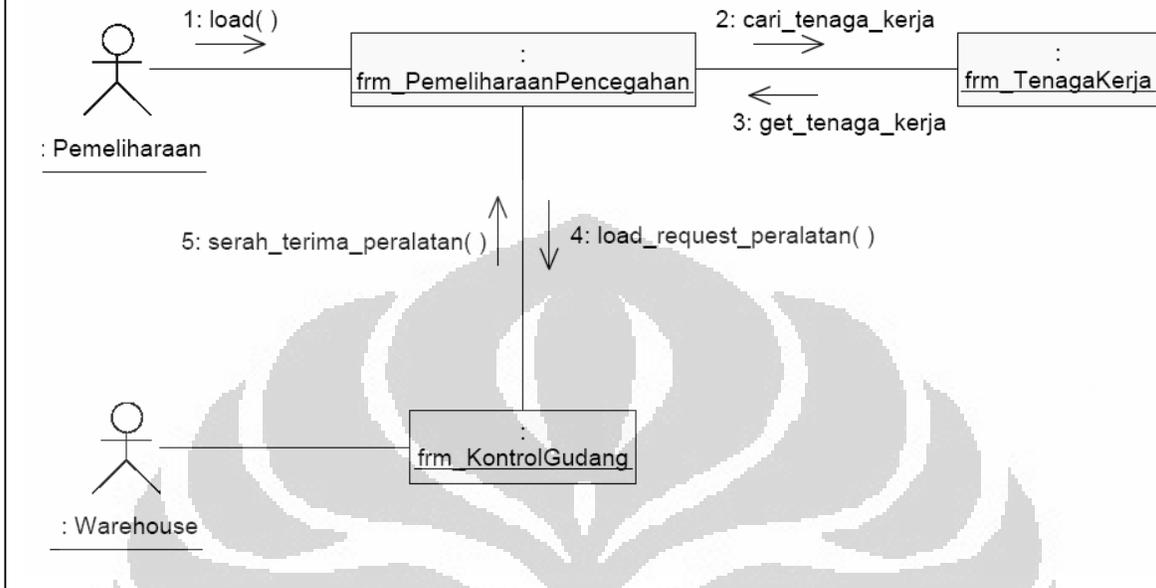
Pada sistem pemakaian suku cadang dan pekerjaan pemeliharaan, aktor pemeliharaan melakukan aktivasi aplikasi objek frm_PemeliharaanPencegahan, sekaligus melakukan verifikasi pemilihan tenaga kerja serta mempersiapkan peralatan dan komponen kepada aktor warehouse dengan mengaktifkan objek frm_KontrolGudang.

Pada sistem pelaksanaan WO, aktor planner membuat suatu WO melalui aplikasi objek frm_WO, setelah itu disimpan oleh aplikasi objek frm_Perencanaan Jadwal untuk menunggu disetujui aktor pemeliharaan dengan mengaktifasi aplikasi objek frm_PemeliharaanPencegahan untuk melihat sumber daya tenaga kerja melalui aplikasi ojek frm_TenagaKerja. Apabila telah siap, maka WO sudah bisa dilaksanakan, sekaligus memberi feedback kepada frm_PerencanaanJadwal.



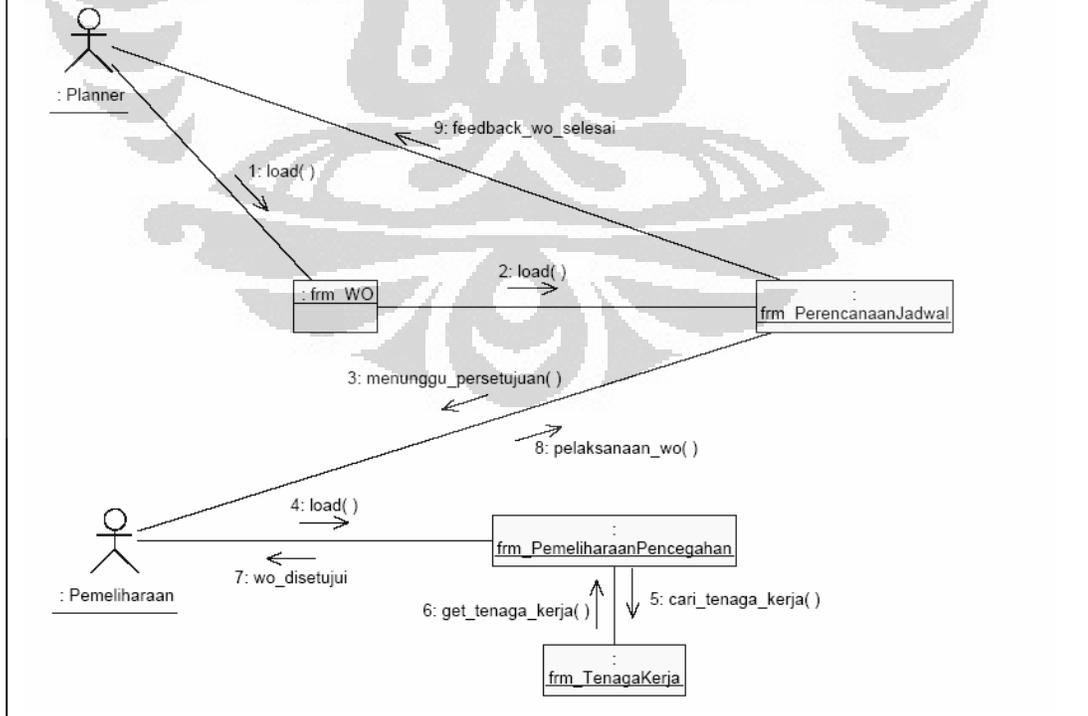
Gambar 3.11. Collaboration diagram pengadaan suku cadang.

COLLABORATION DIAGRAM PEMAKAIAN SUKU CADANG DAN PEKERJAAN PEMELIHARAAN



Gambar 3.12. Collaboration diagram pemakaian suku cadang peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.

COLLABORATION DIAGRAM PELAKSANAAN WO



Gambar 3.13. Collaboration diagram pelaksanaan WO.

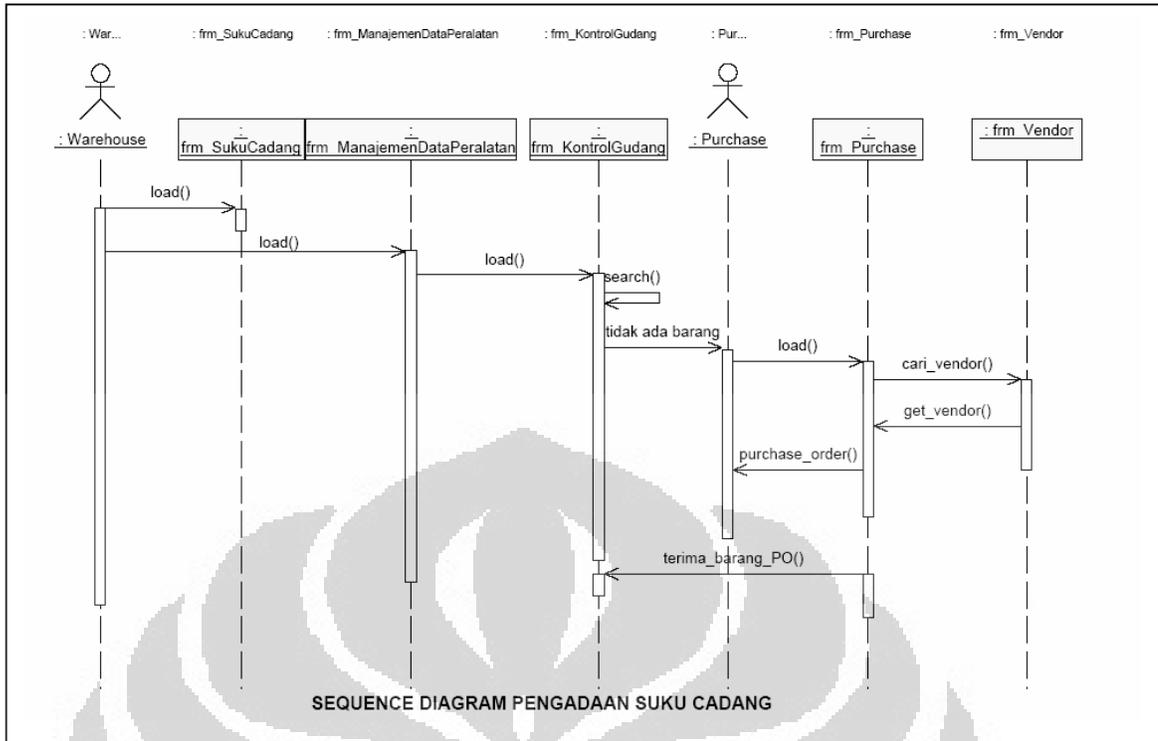
3.7. SKENARIO PADA SEQUENCE DIAGRAM

Penggambaran pada collaboration diagram akan diperjelas lebih detail dengan menggunakan sequence diagram, yakni dengan menjelaskan tahapan dan urutan proses pada suatu sistem berdasarkan kategori kolom serta esensi struktur pemrograman yang dieksekusi, terkait dengan pelaksanaan proses. Pemodelan hampir mirip seperti activity diagram, yang dapat dilihat pada gambar 3.14, gambar 3.15 dan gambar 3.16.

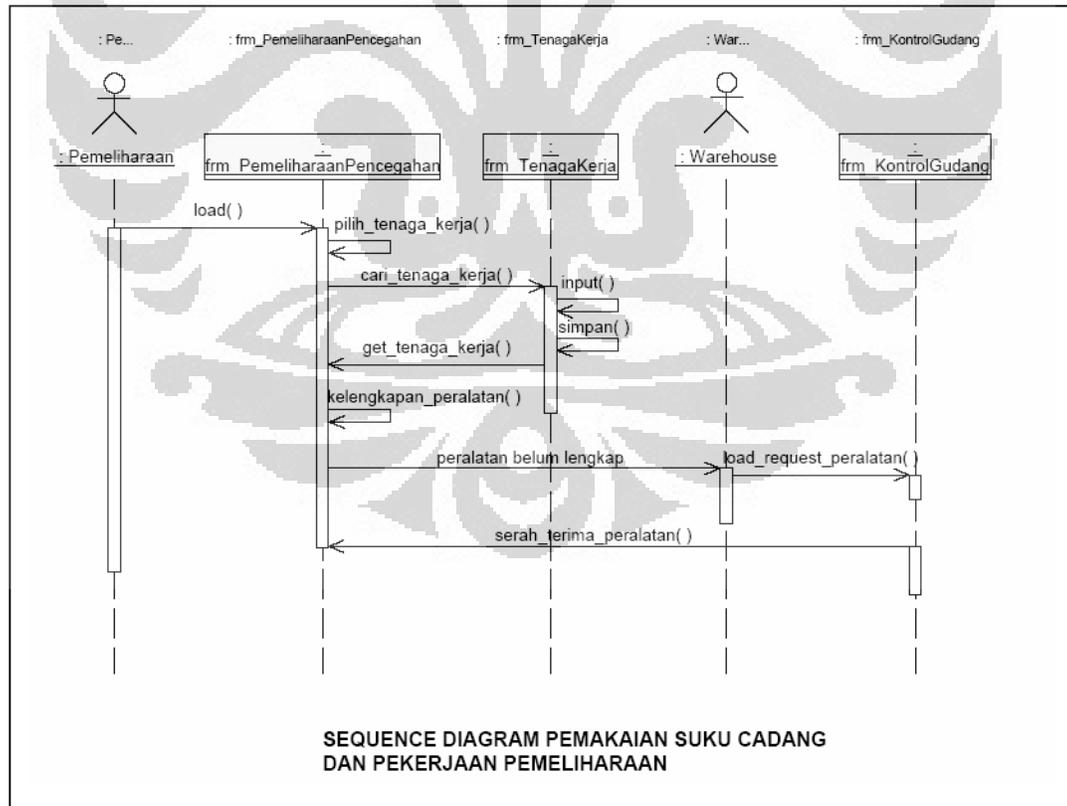
Pada sistem pengadaan peralatan, aktor warehouse mengaktifasi frm_ManajemenDataPeralatan dan frm_KontrolGudang dengan mengeksekusi program load. Lalu pada frm_KontrolGudang terdapat program search untuk melacak spesifikasi peralatan. Apabila data tidak ditemukan, maka aktor warehouse mengajukan kepada aktor purchase dengan mengaktifasi aplikasi frm_Purchase dan frm_Vendor untuk memulai kegiatan pembelian peralatan. Setelah itu, aktor warehouse menerima barang melalui frm_KontrolGudang dengan menggunakan program terima_barang_PO.

Pada sistem pemakaian suku cadang dan pekerjaan pemeliharaan, aktor pemeliharaan mengaktifasi frm_PemeliharaanPencegahan dengan mengeksekusi program load() dan cari_tenaga_kerja() dengan melakukan verifikasi terhadap frm_TenagaKerja yang memiliki program input() dan simpan() serta frm_KontrolGudang sebagai verifikasi kelengkapan peralatan dan serah terima barang.

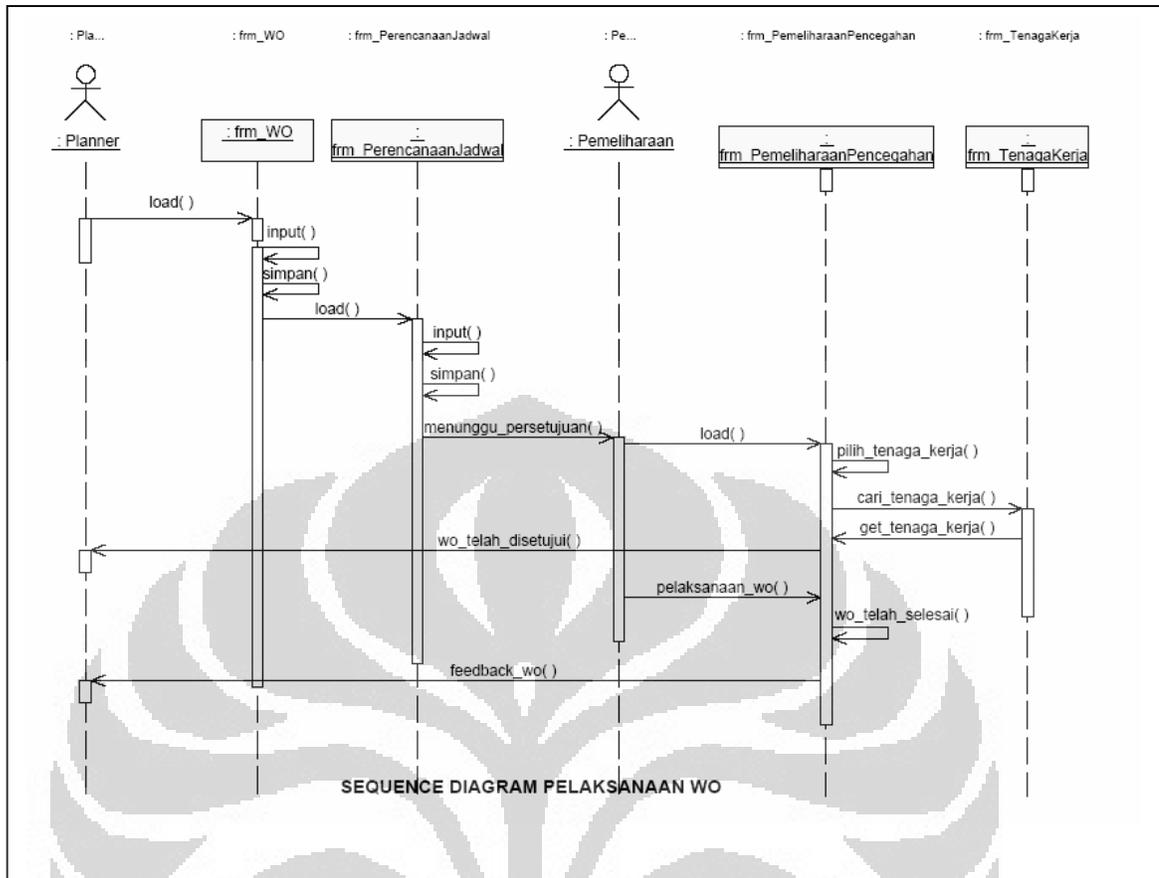
Pada sistem pelaksanaan WO, aktor planner membuat suatu WO dengan aplikasi frm_WO yang memiliki program input() dan simpan(). Lalu mengaktifasi frm_PerencanaanJadwal untuk meminta persetujuan pihak aktor pemeliharaan dengan mengaktifasi frm_PemeliharaanPencegahan dan frm_TenagaKerja sebagai perkiraan ketersediaan sumber daya yang dimiliki pihak aktor pemeliharaan. Setelah WO disetujui kepada aktor planner, maka pelaksanaan WO sudah bisa dikerjakan. Apabila telah selesai, maka feedback_wo0 dinformasikan kepada pihak planner.



Gambar 3.14. Sequence diagram pengadaan suku cadang.



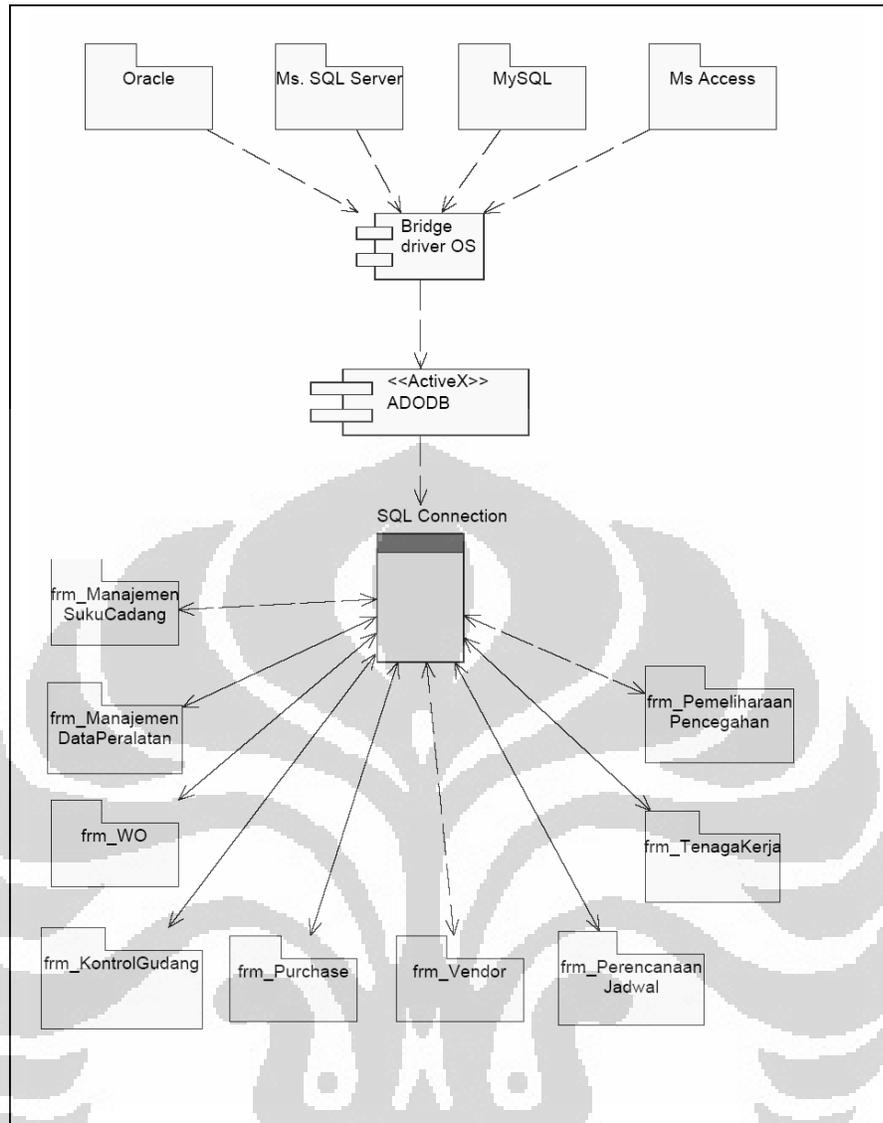
Gambar 3.15. Sequence diagram pemakaian suku cadang peralatan dan pekerjaan pemeliharaan.



Gambar 3.16. Sequence diagram pelaksanaan WO.

3.8. SKENARIO PADA COMPONENT DIAGRAM

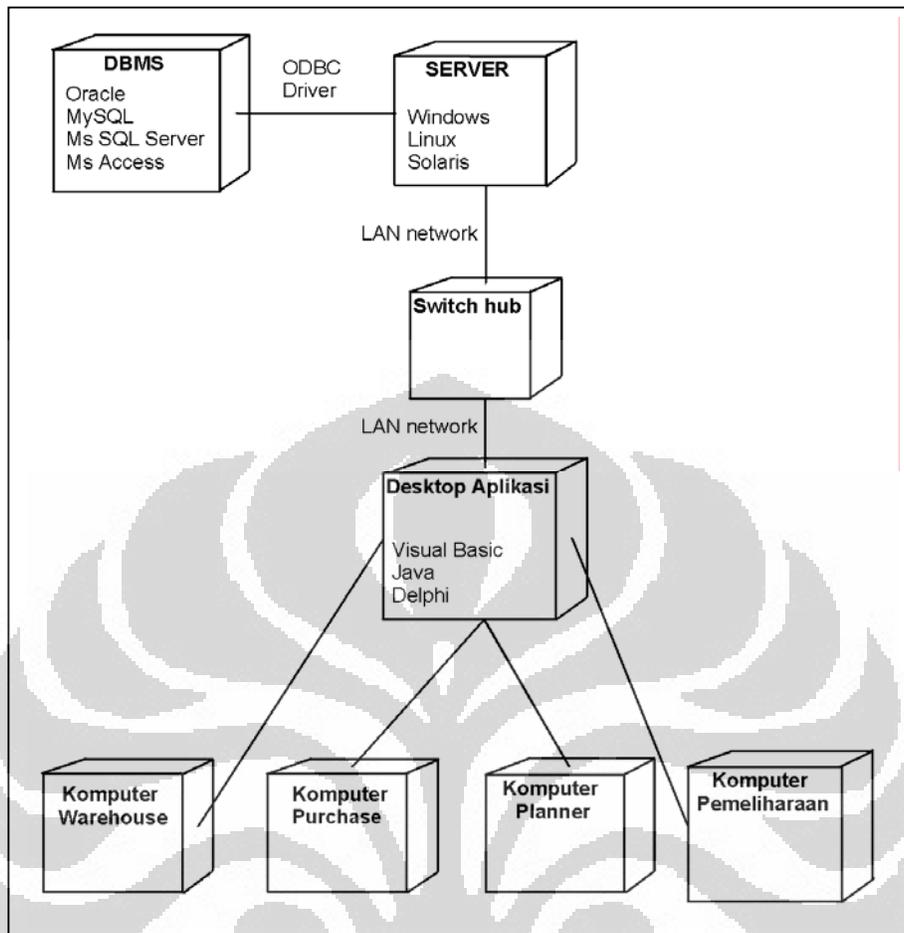
Pada pemodelan diagram ini menjelaskan hubungan komunikasi antara berbagai kebutuhan dan syarat dalam melakukan integrasi antar komponen software. Salah satunya adalah komponen software activeX yang dibuat oleh Microsoft untuk melakukan koneksi berbagai produk database melalui suatu driver operating sistem Windows yang terbangun otomatis setelah instalasi software database selesai dilakukan. Dengan melalui activeX, SQL (Structure Query Language) sebagai sarana bahasa komunikasi pengolahan data kepada software database dapat dilakukan oleh sistem aplikasi. Penggambarannya dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17. Component diagram.

3.9. SKENARIO PADA DEPLOYMENT DIAGRAM

Pemodelan diagram ini menjelaskan mengenai spesifikasi hardware dan syarat keperluan untuk melakukan koneksi dan komunikasi melalui suatu alamat protokol dan port untuk menjalankan sistem aplikasi secara terbuka dan internal. Keamanan data dilakukan oleh operasi sistem berupa pengisian nama pengguna dan kata sandi. Penggambarannya dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18. Deployment diagram CMMS.

3.10. GUI DESAIN

GUI desain merupakan interface komunikasi software dengan penggunanya, yang juga merupakan proses awal dalam melakukan implementasi pembuatan software. Pada tahap ini telah ditentukan spesifikasi bahasa pemrograman yang akan digunakan serta penerapan struktur objek dan kelas dari diagram UML yang telah selesai dirancang dan digambar. Pada tahap ini diharapkan tidak begitu banyak kesalahan komunikasi dan koordinasi pada implementasi proses bisnis CMMS yang akan dibangun. Disamping GUI desain, format laporan merupakan hasil keluaran sebagai perbandingan aktual dan hasil yang diinginkan. Dengan adanya laporan dapat disimpulkan dan ditentukan keputusan yang dilakukan selanjutnya. GUI desain mengenai CMMS dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah berikut :

Gambar 3.19. GUI form manajemen data peralatan.

Gambar 3.20. GUI form kontrol gudang.

APLIKASI WAREHOUSE

MANAJEMEN DATA PERALATAN KONTROL GUDANG **SUKU CADANG PERALATAN**

KODE SUKU CADANG PERALATAN

NAMA SUKU CADANG PERALATAN

KODE VENDOR

KETERANGAN SUKU CADANG PERALATAN

LINK SUKU CADANG PERALATAN

INPUT SIMPAN BATAL HAPUS EDIT BROWSE DATA

LAPORAN CLOSE

Gambar 3.21. GUI form suku cadang peralatan.

APLIKASI PURCHASE

PURCHASE ORDER VENDOR

KODE PO KETERANGAN PO

TGL PEMBELIAN LINK PO

KODE PERALATAN KODE VENDOR

NAMA PERALATAN SATUAN MATA UANG

STATUS PO

TERKIRIM MENUNGGU PERSETUJUAN

PENCATATAN PENERIMAAN 1

PENCATATAN PENERIMAAN 2

INPUT SIMPAN BATAL HAPUS EDIT BROWSE DATA

LAPORAN CLOSE

Gambar 3.22. GUI form purchase order.

APLIKASI PURCHASE

PURCHASE ORDER **VENDOR**

KODE VENDOR

NAMA VENDOR

ALAMAT VENDOR

KONTAK VENDOR

EMAIL VENDOR

KATEGORI VENDOR

INPUT SIMPAN BATAL HAPUS EDIT BROWSE DATA

LAPORAN CLOSE

Gambar 3.23. GUI form vendor.

APLIKASI MAINTENANCE

PEMELIHARAAN PENCEGAHAN TENAGA KERJA

KODE PEMELIHARAAN

KODE WO

TANGGAL PEMELIHARAAN

KODE PERALATAN

SET PERALATAN

PROSEDUR PEMELIHARAAN

PRIORITAS PEMELIHARAAN

FREKUENSI PEMELIHARAAN

SESI FREKUENSI PEMELIHARAAN

KODE SUKU CADANG PERALATAN

SET SUKU CADANG PERALATAN

KODE TENAGA KERJA

TEAM TENAGA KERJA

JENIS TENAGA KERJA

INTERNAL EKSTERNAL

RIWAYAT PEMELIHARAAN

LINK PERALATAN

STATUS WO

MENUNGGU DILAKSANAKAN

DISETUIJI SELESAI

INPUT SIMPAN BATAL HAPUS EDIT BROWSE DATA

LAPORAN CLOSE

Gambar 3.24. GUI form pemeliharaan pencegahan.

APLIKASI MAINTENANCE

PEMELIHARAAN PENCEGAHAN | **TENAGA KERJA**

KODE TENAGA KERJA:

NAMA TENAGA KERJA:

JABATAN:

KETERANGAN JABATAN:

TOTAL KEGIATAN KERJA:

LINK FOTO:

OUTSOURCING:

INPUT | SIMPAN | BATAL | HAPUS | EDIT | BROWSE DATA

LAPORAN | CLOSE

Gambar 3.25. GUI form tenaga kerja.

APLIKASI PLANNER

SISTEM WO | PERENCANAAN PENJADWALAN

KODE WO:

KODE PERALATAN:

SET PERALATAN:

PRIORITAS WO:

STATUS WO: MENUNGGU DILAKSANAKAN

DISETUJUI SELESAI

KATEGORI WO:

ANALISA KEGAGALAN:

TINDAKAN ANALISA:

KODE TENAGA KERJA:

TEAM TENAGA KERJA:

AKTIFITAS TENAGA KERJA:

BIAYA WO:

KODE SUKU CADANG PERALATAN:

SET SUKU CADANG PERALATAN:

BIAYA TENAGA KERJA:

BIAYA TENAGA KERJA OUTSOURCING:

TOTAL BIAYA:

VERIFIKASI WO:

CATATAN:

INPUT | SIMPAN | BATAL | HAPUS | EDIT | BROWSE DATA

LAPORAN | CLOSE

Gambar 3.26. GUI form sistem WO.

Gambar 3.27. GUI form sistem perencanaan penjadwalan.

3.11. ESENSIAL LAPORAN DATA CMMS

Laporan data merupakan hasil keluaran suatu proses yang diinginkan secara rinci, jelas, dan aktual, sehingga dapat diambil suatu kesimpulan dan keputusan terhadap suatu kebijakan perusahaan yang akan dilakukan selanjutnya. Beberapa laporan data dapat dilihat secara mudah melalui pengelompokan yang tersedia di dalam UML pada diagram class. Namun jika terdapat laporan data yang masing-masing atributnya terdapat di berbagai kelas yang berbeda, maka diperlukan suatu node berupa titik yang menjabarkan secara kelas hierarki, sehingga laporan data tersebut bersifat tepat dan tertuju dengan yang dimaksud. Beberapa diantaranya adalah :

1. Laporan data ketersediaan suku cadang pada peralatan.

Data-data yang dibutuhkan yaitu :

- frm_ManajemenDataPeralatan.kode_alat.
- frm_ManajemenDataPeralatan.nama_alat.
- frm_SukuCadang.kode_sc_alat.
- frm_SukuCadang.nama_sc_alat.
- frm_KontrolGudang.qty_alat_gdg.
- frm_KontrolGudang.lok_alat_gdg.

LAPORAN DATA PERSEDIAAN SUKU CADANG PERALATAN				
Kode Peralatan :				
Nama Peralatan :				
No.	Kode Suku Cadang Peralatan	Nama Suku Cadang Peralatan	Qty Suku Cadang Peralatan	Lokasi Suku Cadang Peralatan
Staff Warehouse		Kepala Warehouse		
()		()		

Gambar 3.28. Laporan data persediaan suku cadang peralatan.

2. Laporan data ketersediaan tenaga kerja pemeliharaan

Data-data yang dibutuhkan yaitu :

- frm_TenagaKerja.kode_tngkr.
- frm_TenagaKerja.nama_tngkr.
- frm_TenagaKerja.jabat_tngkr.
- frm_TenagaKerja.ket_tngkr.
- frm_TenagaKerja.tot_wkt_tngkr.
- Ketersediaan tenaga kerja, dilakukan dengan pemrograman logika, yaitu melakukan pengecekan jika tenaga kerja tersebut masih dilingkup kejadian pada aplikasi frm_PemeliharaanPencegahan, maka tenaga kerja bersifat aktif. Sedangkan jika tenaga kerja tersebut masih dilingkup kejadian frm_PerencanaanJadwal, maka tenaga kerja tersebut bersifat siaga.

LAPORAN DATA KETERSEDIAAN TENAGA KERJA PEMELIHARAAN					
Kode Tenaga Kerja	Nama Tenaga Kerja	Jabatan Tenaga Kerja	Keterangan	Total Jam Kerja	Ketersediaan (aktif / lowong)
Pemeliharaan		Planner	Manager Pabrik		
()	()	()	()		

Gambar 3.29. Laporan data ketersediaan tenaga kerja pemeliharaan.

3. Laporan data pelaksanaan WO dan rekaman perbaikan perawatan peralatan.

Data-data yang dibutuhkan, yaitu :

- frm_WO.kode_wo.
- frm_WO.kode_alat.
- frm_WO.set_alat.
- frm_WO.team_tngkr.
- frm_WO.status_wo, akan terupdate secara trigger dari frm_PerencanaanJadwal.feedback_plan dan frm_PemeliharaanPencegahan.status_wo yang memiliki pilihan status menunggu, disetujui, dilaksanakan atau selesai.

LAPORAN DATA PELAKSANAAN WO DAN RIWAYAT PEMELIHARAAN					
Kode WO	Kode Peralatan	Set Peralatan	Team Tenaga Kerja	Status WO	Keterangan
Pemeliharaan		Planner	Manager Pabrik		
()	()	()

Gambar 3.30. Laporan data pelaksanaan WO dan riwayat pemeliharaan.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. KESIMPULAN

Setelah dilaksanakan penerapan UML pada proses CMMS, maka dapat diambil kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan UML berhasil memberikan gambaran dan dokumentasi yang standar bagi keperluan merancang suatu sistem CMMS.
2. Mengetahui dan memahami proses bisnis CMMS secara jelas dan ringkas.
3. UML dapat menghasilkan model berupa gambar diagram pada proses CMMS.

4.2. SARAN

1. UML yang telah didefinisikan dapat digunakan untuk menyusun suatu kerangka pemrograman lebih lanjut sebagai tahap implementasi software aplikasi CMMS.
2. Kerangka pemrograman yang masih berupa kelas dan objek, perlu dibuat lebih rinci dengan membuat logika pemrograman pada suatu pembuatan software aplikasi CMMS berdasarkan metode objek orientasi yang meliputi inheritance, enkapsulasi, dan polimorfisme.
3. Dalam melakukan perubahan dan perluasan suatu sistem, maka perlu dipahami proses bisnis CMMS.

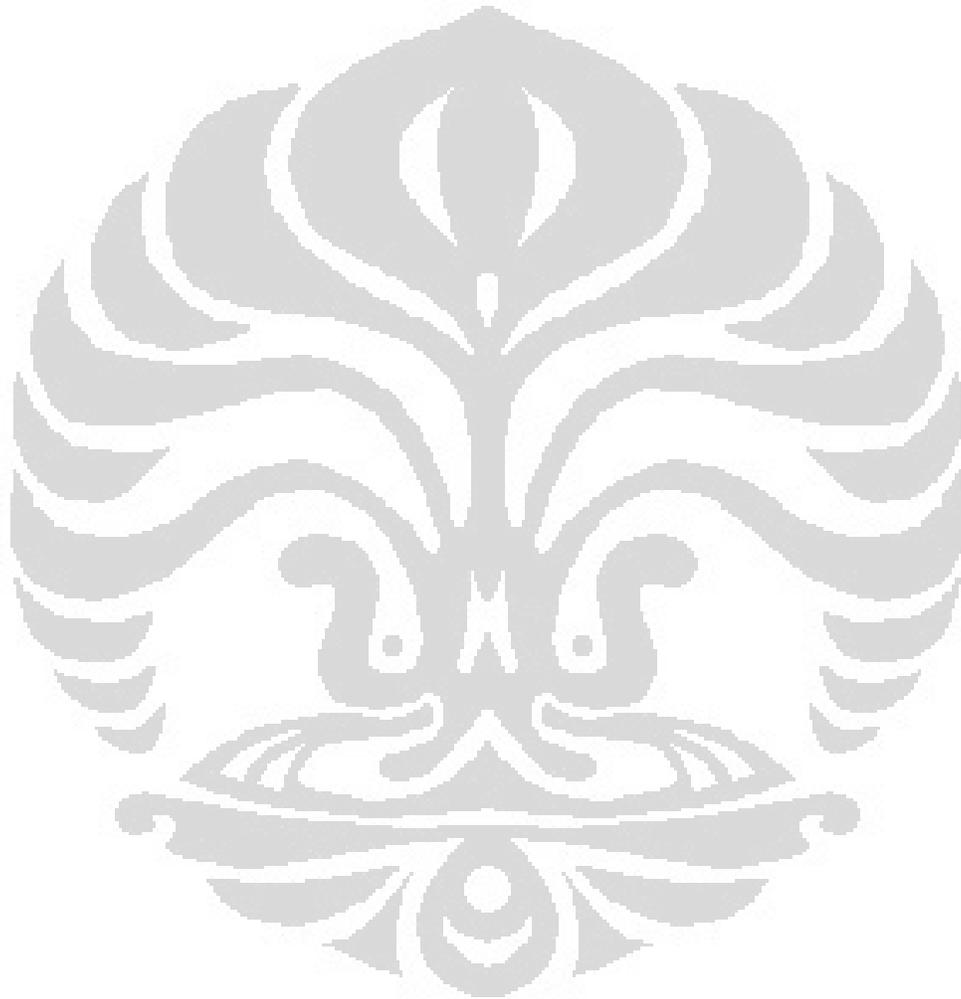
DAFTAR ACUAN

- [1].Sinan Si Alhir, "Guide to Applying UML", Springer (USA, 2002), hal 5.
- [2].Tony Sintes, "Sams Teach Yourself Object Oriented in 21 Days", Sams Publishing (USA, 2002), hal.331.
- [3].Jim Arlow, Ila Neustadt, "UML And Unified Process", Pearson Education Limited (UK, 2002), hal.113.
- [4].Tony Sintes, "Sams Teach Yourself Object Oriented in 21 Days", Sams Publishing (USA, 2002), hal.27.
- [5].Tony Sintes, "Sams Teach Yourself Object Oriented in 21 Days", Sams Publishing (USA, 2002), hal.82.
- [6].Jim Arlow, Ila Neustadt, "UML And Unified Process", Pearson Education Limited (UK, 2002), hal. 177.
- [7].Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal. 59.
- [8].Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal. 104.
- [9].Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.127.
- [10]. Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.180.

- [11]. Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.140.
- [12]. Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.160.
- [13]. Tony Sintes, "Sams Teach Yourself Object Oriented in 21 Days", Sams Publishing (USA, 2002), hal.434.
- [14]. Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.206.
- [15]. Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.214.
- [16]. Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.234.
- [17]. Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004), hal.234.
- [18]. Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal.66.
- [19]. Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal.66.
- [20]. Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal.66.
- [21]. Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal.66.

[22]. Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal.66.

[23]. Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal.66.



DAFTAR PUSTAKA

Chr. Jimmy L.Gaol, "Sistem Informasi Manajemen", *Grasindo* (Jakarta, 2008), hal. 5 – 26.

Daryl Mather, "CMMS a Timesaving Implementation Process", CRC Press (USA, 2003).

Dr. Warjito, Reza Rahman, Andi Rangga Putra, "Studi Penerapan RCM Pada Lift Gas Platform", DTM-FTUI (Depok, 2009).

Feri, "Penjabaran Istilah Software". Diakses 9 Maret 2010, dari Kamus Komputer dan Teknologi Informasi. <http://www.total.or.id/info.php>.

Hariman Gunadi, A. Suhendar, "Visual Modeling Menggunakan UML dan Rational Rose", *Informatika* (Bandung, 2002), hal. 10 -145.

Ivan Septiadi, "Sistem Informasi Pemeliharaan Mesin-mesin", Skripsi Teknik Mesin, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Jakarta, 1991.

Jim Arlow, Ila Neustadt, "UML And Unified Process", Pearson Education Limited (UK, 2002).

Joseph Schmuller, "Sams Teach Yourself UML in 24 Hours", Sams Publishing (USA, 2004).

Jeffrey L. Whitten, Kevin C.Dittman, Lonnie D.Bentley, "System Analysis and Design Methods", *McGraw-Hill* (USA, 2006), hal. 5 – 33.

Kris Bagadia, "Computerized Maintenance Management System Made Easy", *McGraw-Hill* (USA, 2006), hal. 5 – 33.

Leszek A. Maciaszek, "Requirements Analysis And System Design", Pearson Education Limited (England, 2005).

Rudi Gunawan, "Sistem Informasi Manajemen Pemeliharaan", Skripsi Teknik Mesin, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 1997.

Sinan Si Alhir, "Guide to Applying UML", Springer (USA, 2002).

Tony Sintès, "Sams Teach Yourself Object Oriented in 21 Days", Sams Publishing (USA, 2002).

William W. Cato, R.Keith Mobley, "Computer-Managed Maintenance System", Butterworth-Heinemann (USA, 2002).

