

RANCANG BANGUN *COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM* UNTUK MESIN *BENDING* DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* DAN *DECISION TABLE*

(Studi Kasus: PT. Dinamika Energitama Nusantara Sidoarjo)

DESIGN OF COMPUTERIZED MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM OF BENDING MACHINE WITH FAULT TREE ANALYSIS AND DECISION TABLE
(A Case Study in PT. Dinamika Energitama Nusantara Sidoarjo)

Firda Rahmadani¹, Purnomo Budi Santoso², Zefry Darmawan³)

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : akademikfirda@gmail.com¹), budiakademika@yahoo.com²), zefry_gue@yahoo.com³)

Abstrak

Departemen maintenance PT. Dinamika Energitama Nusantara (PT. DEN) belum menerapkan pencatatan maupun penyimpanan data secara terkomputerisasi dalam melakukan perawatan mesin. Selain itu, sistem maintenance yang berjalan belum menyediakan informasi mengenai jadwal perawatan preventif sehingga proses perbaikan mesin baru dilakukan ketika mesin mengalami kerusakan. Oleh karena itu, perlu adanya suatu perancangan computerized maintenance management system yang dapat dimanfaatkan sebagai sarana pendukung manajemen perawatan mesin pada departemen maintenance dengan metode software prototyping. Berdasarkan data historis yang dimiliki perusahaan, mesin bending mengalami kerusakan yang menimbulkan downtime tertinggi yaitu sebesar 22.86%. Hal ini mendasari pemilihan mesin bending sebagai objek penelitian pada perancangan prototype ini. Sistem yang dirancang dapat memperbaiki sistem lama karena sudah memenuhi semua kebutuhan sistem pada PT. DEN dimana memiliki dua fitur, yaitu untuk mengetahui jadwal perawatan preventif berdasarkan perhitungan waktu rata-rata antar kerusakan mesin bending serta memungkinkan pengguna untuk melakukan troubleshooting mesin berdasarkan akuisisi pengetahuan yang diperoleh dari pakar maupun buku yang digambarkan menggunakan fault tree dan decision table untuk menelusuri penyebab terjadinya kerusakan mesin bending. Prototype computerized maintenance management system mesin bending ini dapat memberikan report data secara keseluruhan dan mempermudah pencarian data yang dibutuhkan perusahaan.

Kata kunci : Computerized maintenance management system, prototyping, fault tree analysis, decision table, sistem database, perancangan sistem.

1. Pendahuluan

Seiring berlakunya Asean Free Trade Area (AFTA) yang membuat persaingan bisnis dalam negeri semakin ketat, industri di Indonesia dihadapkan pada persaingan global yang menuntut perusahaan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerjanya terutama dalam mengoptimalkan mesin-mesin produksi yang mulai menggantikan tenaga manusia. Said (1980) menyatakan bahwa mesin-mesin produksi merupakan faktor produksi yang berfungsi mengkonversi bahan baku menjadi bahan setengah jadi atau barang jadi pada perusahaan. Pentingnya peranan mesin produksi mengharuskan suatu perusahaan menjaga performansi mesin produksi yang dimiliki agar selalu optimal beroperasi dengan cara perawatan mesin.

Mesin-mesin produksi tidak bisa digunakan terus menerus tanpa adanya pemeliharaan dan perawatan karena akan mengalami kerusakan yang pada akhirnya menyebabkan kerugian waktu produksi (downtime). Masalah yang muncul akibat adanya downtime ini misalnya keterlambatan produksi, pekerja yang menganggur, sampai hilangnya waktu efektif dalam proses produksi. Selain itu, perusahaan harus mengeluarkan biaya perbaikan mesin yang rusak atau bahkan membeli mesin baru. Perawatan mesin merupakan suatu permasalahan yang sangat kompleks karena di dalamnya terdapat beberapa faktor yang saling berkaitan, diantaranya seperti tenaga kerja atau karyawan, mesin-mesin, penjadwalan, sparepart, biaya perawatan, serta jenis perawatan atau tugas yang dilakukan.

PT. Dinamika Energitama Nusantara (DEN) merupakan perusahaan berpengalaman selama 12 tahun di bidang *Power Generation*. Proses manufaktur yang dilakukan oleh PT. DEN mutlak memerlukan mesin-mesin produksi yang terus beroperasi terutama ketika ada beberapa proyek yang dikerjakan sekaligus sehingga berdampak pada tidak dilaksanakannya proses perawatan mesin secara berkala yang menyebabkan mesin mengalami *breakdown* bahkan berhenti secara total. Ketika terjadi kerusakan mesin, operator akan melaporkan kepada teknisi untuk mengetahui kerusakan mesin apa yang terjadi agar bisa dilakukan perawatan yang sesuai. Namun, masalah yang terdapat pada departemen *maintenance* adalah manajemen perawatan yang dilakukan perusahaan saat ini masih menggunakan sistem manual dimana hanya ada satu orang teknisi yang menangani 13 mesin utama dan puluhan mesin pendukung. Ketika teknisi tersebut tidak sanggup menangani kerusakan mesin yang terjadi, terutama karena kompleksitas kerusakan serta keterbatasan pengetahuan yang dimiliki, teknisi akan melaporkan pada *supervisor* untuk penanganan lebih lanjut, yaitu dengan mendatangkan pakar dari luar perusahaan untuk membantu penanganan kerusakan. Cara ini tentu menyita waktu yang cukup lama karena perusahaan harus mengikuti prosedur yang ada sehingga mesin produksi dibiarkan *idle* serta tentu saja memakan biaya yang tidak sedikit dalam mendatangkan seorang pakar.

Demi mendukung proses *maintenance* yang selama ini hanya mengandalkan pengalaman teknisi dan data historis yang masih tersimpan secara manual, perlu dilakukan pembuatan *prototype computerized maintenance management system* dimana terdiri atas dua fungsi utama, yaitu sebagai sistem informasi penjadwalan *preventive maintenance* serta sistem untuk *troubleshooting* mesin.

Prototype computerized maintenance management system ini diharapkan menjadi alternatif perawatan mesin yang baik karena akan mengakibatkan kinerja perusahaan meningkat, kebutuhan konsumen dapat terpenuhi tepat waktu, serta nilai investasi yang dialokasikan untuk peralatan dan mesin dapat diminimasi. Selain itu, pemeliharaan yang baik juga dapat meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan dan mengurangi *waste* yang berarti mengurangi biaya produksi.

Data *downtime* mesin Bulan September 2013-Agustus 2014 di PT. DEN ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *History Downtime* Mesin Tahun 2013-2014

Mesin	Frekuensi kerusakan mesin	Total <i>downtime</i> (jam)	Presentase total <i>downtime</i> (%)
<i>welding</i>	9	429	7.63
<i>scarfing</i>	4	37	0.87
<i>bending</i>	16	972	22.86
<i>cutting</i>	5	21	0.49
<i>water wall</i>	7	88	2.07
<i>lathe</i>	2	14	0.33
<i>radial drilling</i>	3	11	0.26

Sumber: PT. Dinamika Energitama Nusantara

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa *downtime* terbesar disebabkan oleh mesin *bending* dengan total *downtime* sebesar 972 jam atau sebesar 22.86%. Hal ini mendasari pemilihan mesin *bending* sebagai objek penelitian untuk perancangan *prototype computerized maintenance management system* pada departemen *maintenance* PT. DEN. Aplikasi ini dikembangkan dengan *Microsoft Access 2013* yang menyediakan dua fitur, yaitu untuk mengetahui jadwal perawatan preventif berdasarkan waktu rata-rata antar kerusakan mesin *bending* serta memungkinkan pengguna untuk melakukan *troubleshooting* mesin berdasarkan akuisisi pengetahuan yang diperoleh dari pakar maupun buku yang digambarkan menggunakan *fault tree analysis* dan *decision table* untuk menelusuri penyebab terjadinya kerusakan mesin *bending*.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, untuk menyelesaikan masalah yang terjadi dirancang suatu *computerized maintenance management system* dengan sistem *database* yang mempermudah pencarian data, pengolahan data, mengintegrasikan data, dan pembuatan laporan untuk manajerial. Perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan *software prototyping* dan *fault tree analysis* serta *decision table* sebagai basis pembangunan *database*.

2.1 *Computerized Maintenance Management System*

Computerized Maintenance Management System (CMMS) adalah sebuah program komputer yang dirancang untuk membantu

dalam perencanaan, manajemen, dan fungsi administratif yang dibutuhkan dalam pemeliharaan yang efektif. Hal-hal yang termasuk ke dalam fungsi tersebut adalah membangun, merencanakan, dan melaporkan *work orders*; perkembangan dari catatan-catatan mengenai pemeliharaan yang mudah untuk dicari, dan dapat mencatat transaksi pembelian komponen (Bagadia, 2006:5).

CMMS bukan sekedar digunakan sebagai alat pengontrol sistem pemeliharaan, namun sekarang ini CMMS dapat digunakan meningkatkan kondisi peralatan dan juga *outputnya*. CMMS menawarkan fungsi-fungsi dari pemeliharaan yang tidak hanya terbatas pada hal manufaktur saja. CMMS juga dapat diaplikasikan untuk fasilitas, utilitas, dan berbagai tipe organisasi lainnya di mana peralatan digunakan sebagai subjek, dan perbaikan yang harus dilakukan terhadap peralatan- peralatan yang mengalami kerusakan. Sebuah CMMS biasanya terdiri dari modul-modul seperti *equipment management, preventive maintenance, labor, work orders, planning/ scheduling, inventory control, and purchasing*.

2.2 Fault Tree Analysis

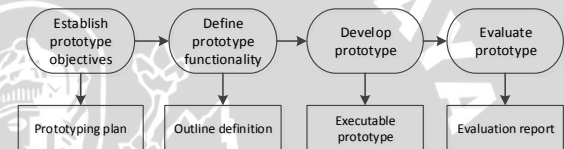
FTA adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan yang disebut dengan *undesired event* terjadi pada suatu sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin menyebabkan terjadinya *undesired event* tersebut (NASA, 2002). Penguraian setiap elemen yang menyebabkan terjadi *undesired event* tersebut dilakukan dengan menggunakan pohon kesalahan. Pohon kesalahan adalah suatu model grafis yang merupakan gambaran hubungan timbal balik yang logis dari peristiwa-peristiwa dasar yang telah didefinisikan sebelumnya. Pembangunan model pohon kesalahan (*fault tree*) dilakukan dengan cara wawancara dengan manajemen dan melakukan pengamatan terhadap proses diinginkan.

2.3 Software Prototyping

Menurut Kendall (2007), *prototyping* adalah suatu teknik pengumpulan data yang sangat berguna melengkapi siklus hidup pengembangan sistem tradisional. Saat penganalisis sistem menggunakan *prototyping*, mereka berusaha mencari reaksi, saran – saran,

inovasi, rencana revisi pengguna untuk membuat peningkatan terhadap *prototype* sekaligus memodifikasi rencana sistem dengan biaya dan gangguan maksimum.

Sommerville (2011) menjelaskan bahwa terdapat empat tahapan dalam pengembangan *software* menggunakan *prototyping*. Langkah pertama yaitu menetapkan tujuan *prototype* dengan mengidentifikasi masalah pada sistem yang akan dibuat *prototype*-nya. Langkah kedua yaitu mendefinisikan fungsi *prototype* sehingga sesuai dengan kebutuhan *user*. Langkah ketiga yaitu mengembangkan *prototype* dengan merancang desain logis hingga implementasi konsep yang telah dibuat. Langkah terakhir yaitu evaluasi *prototype* dengan membandingkan hasil *prototype* dan kebutuhan *user*. Langkah-langkah pengembangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Pengembangan *Prototype*
Sumber: Sommerville (2011)

2.4 Visual Basic for Application (VBA)

VBA menurut MacDonald (2010) adalah bahasa pemrograman untuk *Microsoft Office* dan aplikasi yang terkait. Dalam VBA juga dapat menggunakan *macro* untuk membuat objek dalam aplikasi sistem yang koheren. Dengan menggunakan *macro* dapat membantu menyelesaikan tugas – tugas kecil dalam aplikasi *Microsoft*. VBA digunakan karena beberapa alasan, diantaranya adalah:

1. Membuat aplikasi lebih mudah dipertahankan.
2. Dapat membuat fungsi sesuai keinginan.
3. Membuat atau memanipulasi objek.
4. Melakukan sistem berbasis pada tindakan.
5. Memanipulasi *record* pada suatu waktu.

2.5 Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi lapangan

Tahap awal yang dilakukan untuk memulai penelitian ini adalah dengan melakukan observasi langsung ke lapangan untuk mengumpulkan informasi yang ada di departemen *maintenance* PT. DEN.

2. Studi Literatur

Hasil dari tahap studi lapangan perlu didukung oleh studi pustaka dengan mengumpulkan teori yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti yang dapat dijadikan referensi untuk mendukung penelitian ini. Sumber pustaka ini dapat diperoleh dari buku, laporan penelitian, jurnal, dan internet.

3. Identifikasi Masalah

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah-masalah yang sedang terjadi pada departemen *maintenance* PT. DEN, terutama dalam bidang perawatan mesin dan sistem informasi yang ada.

4. Perumusan Masalah

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah merumuskan masalah sesuai dengan kondisi nyata di PT. DEN.

5. Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan *computerized maintenance management system* mesin *bending* adalah untuk membantu departemen *maintenance* dalam memberikan alternatif solusi yang tepat dan menangani kerusakan mesin agar lebih efisien.

6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dapat diartikan sebagai proses atau kegiatan yang dilakukan dalam penelitian untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan di lokasi penelitian yang mendukung kegiatan penelitian. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

- Data umum departemen *maintenance* PT. Dinamika Energitama Nusantara.
- User requirement*, yang berisi apa harapan serta atribut/karakter sistem, meliputi lima kategori umum: *output*, *input*, proses, *performance*, dan *control* yang dibutuhkan oleh departemen *maintenance* PT. DEN yang nantinya akan menggunakan sistem informasi perawatan mesin yang dirancang.
- Data historis mesin yaitu data perawatan mesin yang telah dilakukan selama ini, data mesin, data komponen mesin, data karyawan, dan data kerusakan mesin.

7. Pembuatan *Fault Tree Analysis*

Tahap ini berfungsi untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kerusakan mesin *bending* dimana informasi yang didapat akan dijadikan akuisisi pengetahuan sebagai dasar pembuatan *computerized maintenance*

management system, khususnya untuk *troubleshooting* mesin *bending*.

8. Perancangan dan Pengembangan *Prototype*

Proses analisis dan perancangan sistem ini dilakukan sebagai tahap awal dibuatnya suatu aplikasi. Analisis digunakan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan oleh sistem. Perancangan sistem ini dimulai dengan perencanaan sistem untuk memahami mengapa sebuah sistem harus dibangun, kemudian melakukan analisa terhadap sistem dengan mengidentifikasi semua *entity* yang akan terlibat. Setelah analisa sistem, dibuatlah rancangan sistem atau konsep dasar yang nantinya akan dikembangkan menjadi sebuah sistem baru. Setelah sistem baru jadi, akan dilakukan pengujian dengan melakukan uji verifikasi, uji validasi, dan uji *prototype*.

9. Analisis dan Pembahasan

Tahap ini bertujuan untuk menganalisa *output* berupa *report* dari *prototype computerized maintenance management system* sehingga didapatkan jadwal perawatan komponen mesin *bending* yang harus dilakukan.

10. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan penutup dari keseluruhan langkah penelitian. Kesimpulan berisi hasil-hasil analisa dan manfaat yang didapat setelah melakukan penelitian. Saran sebagai tindak lanjut dari penelitian diharapkan dapat memberi manfaat untuk PT. DEN Nusantara dalam pengembangan *computerized maintenance management system* mesin *bending* mendatang.

3. Perancangan Sistem

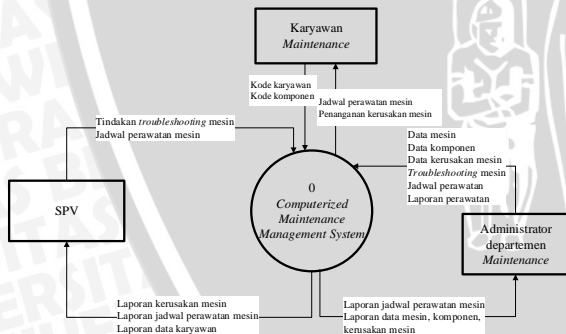
Perancangan sistem merupakan tahap untuk membangun suatu sistem dan mengkonfigurasi komponen-komponen sehingga menghasilkan sistem yang baik dan berguna. Perancangan sistem dengan *prototyping* ada 4 tahap yaitu menetapkan tujuan perencanaan sistem, analisis kebutuhan sistem, desain dan implementasi sistem, serta pengujian sistem.

3.1 Analisis sistem

Berikut adalah spesifikasi kebutuhan *computerized maintenance management system* untuk mesin *bending* secara keseluruhan yang diperoleh dari *System Requirement Checklist* (SRC):

1. Sistem dapat diakses oleh SPV, administrator dan karyawan dengan hak akses dan fungsi yang berbeda dengan memasukkan *username* dan *password* yang berbeda.
2. Sistem dapat menyajikan informasi mengenai apa penyebab kerusakan mesin *bending* serta bagaimana tindakan perawatan yang seharusnya dilakukan oleh karyawan *maintenance*.
3. Sistem menyediakan informasi mengenai waktu perawatan preventif komponen mesin *bending*.
4. Sistem dapat mengontrol tindakan perawatan dengan memberikan *alert* atau peringatan jika terjadi keterlambatan perawatan yang dilakukan.
5. Sistem mampu menyajikan laporan mengenai waktu perawatan mesin yang dibutuhkan SPV dan *manager* sewaktu-waktu.

Untuk menggambarkan logika dari kebutuhan-kebutuhan sistem yaitu proses-proses apa saja yang dibutuhkan oleh sistem dan bagaimana keluar masuknya informasi dalam sistem digunakan *Data Flow Diagram* (DFD). Gambar 2. Merupakan *Context Diagram* atau DFD secara umum dari sistem yang akan dirancang.



Gambar 2. Context Diagram

3.2 Konsep Fault Tree (FT) dalam Troubleshooting Mesin

Penelitian ini mengembangkan konsep FT yang berguna untuk melakukan penelusuran penyebab kerusakan mesin dengan mengidentifikasi kejadian yang tidak diinginkan atau disebut dengan *undesired event* pada suatu sistem. *Fault tree* berfungsi untuk menelusuri akar penyebab kerusakan mesin *bending* sehingga dapat ditentukan tindakan perawatan yang tepat untuk dilakukan. Penelusuran ini dimulai dengan membagi komponen mesin

bending ke dalam dua jenis, yaitu komponen mekanik dan elektrik kemudian dibagi lagi menjadi komponen-komponen untuk tiap jenis seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

3.3 Desain Sistem

Tahap desain bertujuan untuk mengubah model informasi pada tahap analisis sistem menjadi model yang sesuai dengan teknologi untuk implementasi sistem. Pada tahap ini terdapat beberapa tahap yaitu:

1. Desain database logis

Desain *database* logis menjelaskan bagaimana fungsi-fungsi pada *computerized maintenance management system* secara logika akan bekerja dengan menggunakan *Entity Relation Diagram* (ERD). Sebelum membuat ERD, *list entity* yang terlibat dalam sistem harus ditentukan lalu membuat hubungan antar entitas yang terlibat.

2. Desain database fisik

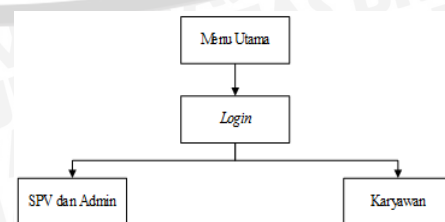
Desain fisik merupakan aktualisasi dari desain logis yang sangat bergantung dengan *software* yang dipakai. *Software* yang dipakai pada perancangan sistem ini adalah *Microsoft Access 2013*. Tabel 2 merupakan salah satu contoh desain *database* fisik dari entitas mesin pada *computerized maintenance management system*.

Tabel 2. Desain Fisik Entitas Mesin

Field	Data Type	Field Size	Note	Key
Kode_Mesin	Short Text	20	Kode Mesin	PK
Nama_Mesin	Short Text	50	Nama Mesin	
Merk	Short Text	20	Merk Mesin	
Tahun	Number	4	Tahun Mesin Masuk	
Fungsi	Short Text	100	Fungsi Mesin	

3. Desain user interface

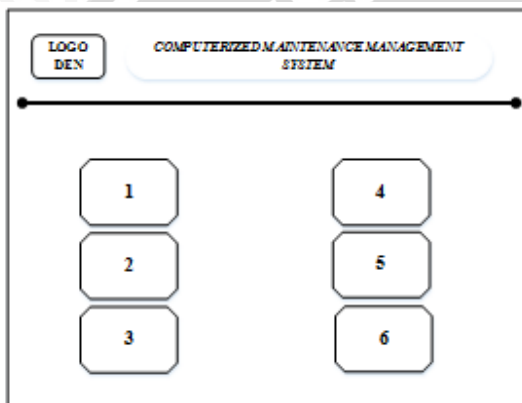
Desain *user interface* ini bertujuan untuk membuat rancangan dari tampilan sistem yang nantinya akan berinteraksi langsung dengan *user*. Desain UI meliputi *hierarki menu*, *form* dan *report*. Pada *computerized maintenance management system* terdapat 1 menu berupa sistem *login* seperti yang ditunjukkan Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hierarki Menu Utama

Setelah *user* melakukan *login* ini, terdapat 2 menu yang dapat digunakan *user* sesuai dengan jabatan dan fungsi masing-masing *form*, yaitu:

- a. *Form Home* SPV dan Admin, berfungsi untuk membantu SPV dan admin untuk mengolah data mendapatkan laporan manajerial dan mengontrol tindakan perawatan mesin.
- b. *Form Home* Karyawan, digunakan oleh karyawan untuk melihat jadwal perawatan preventif yang harus dikerjakan karyawan dan pencarian informasi yang dibutuhkan seperti *troubleshooting* mesin. Salah satu contoh desain *form Home* SPV dan Admin dapat dijelaskan pada Gambar 5.



1. Master Data
2. *Troubleshooting*
3. Jadwal Perawatan
4. *Report*
5. *Help*
6. *Exit*

Gambar 5. Desain *Form Home* SPV dan Admin

4. Desain *report*

Prototype computerized maintenance management system dapat menghasilkan *report* untuk SPV dan administrator. Berikut desain *report* pada *prototype* sistem.

a. *Report* Rutin

Report ini berisi data kerusakan mesin, tindakan perbaikan kerusakan mesin yang harus dilakukan, serta karyawan yang bertugas setiap harinya.

b. *Report* Dadakan

Report ini merupakan hasil dari pencarian informasi dadakan seperti laporan pencarian *troubleshooting* mesin, identitas karyawan, dan laporan pencarian jadwal perawatan mesin.

c. *Report Summary*

Report ini merupakan hasil rekapan selama 1 minggu yang rutin menyajikan informasi mengenai jadwal perawatan preventif mesin, kerusakan mesin yang terjadi, dan siapa saja karyawan yang menangani kerusakan mesin.

d. *Report* Khusus

Sistem mampu memberikan *output* berupa *report* jadwal perawatan preventif mesin yang harus dilakukan oleh karyawan selama satu minggu kedepan. Namun, ada kalanya karyawan harus melakukan perawatan sebanyak lebih dari dua kali dalam seminggu sehingga jadwal perawatan tersebut bisa digabung dalam satu waktu agar lebih efektif dan efisien. Oleh karena itu, *report* khusus ini berisi jadwal perawatan yang waktu pelaksanaannya tidak sama persis dengan *output* sistem, melainkan sudah digabung menjadi 1 hari agar meminimasi *downtime* mesin.

5. Desain Algoritma

Desain Algoritma bertujuan untuk merancang tahapan proses apa saja yang harus dilakukan sehingga *input*, *user interface* dan *database* menghasilkan *output* yang diharapkan dan dapat ditampilkan, Gambar 6. merupakan salah satu desain algoritma yaitu *pseudocode* dalam proses menambah dan menyimpan data.

```
//tambah dan simpan data
//menambah atau memasukkan data baru
Mengambil data ← Pilih data dari [Tabel_Mesin]
Posisi rekam data ← baris tabel mesin - 1
Memasukkan nama mesin, merk, tahun, dan fungsi mesin
Membuat kode mesin ← Kode Mesin + Right(kode, 3) + 1

//menyimpan data
Menyimpan data ← Memasukkan (Kode_Mesin, Nama_Mesin, Merk, Tahun, Fungsi) ke dalam record [Tabel_Mesin]

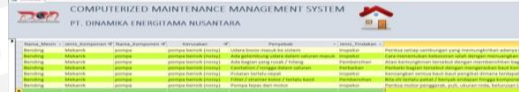
Memperbarui data ← UPDATE data pada [Tabel_Mesin] sesuai dengan atribut yang diperbarui (Nama_Mesin, Merk, Tahun, Fungsi)
```

Gambar 6. *Pseudocode* Proses Menambah dan Menyimpan Data

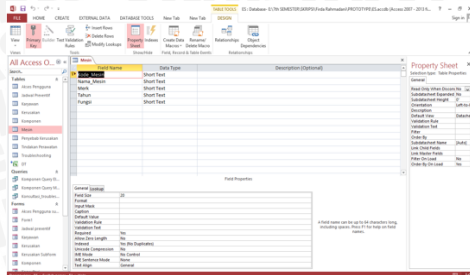
4. Hasil

Hasil pada penelitian ini merupakan tahap pengaplikasian desain yang telah dirancang ke dalam *software* yang pada penelitian ini menggunakan *Microsoft Access 2013*. Implementasi program bukan hanya memasukkan komponen yang ada ke dalam *software*, tetapi juga mengatur kesesuaian antara program dan rancangan yang telah dibuat. Berikut contoh hasil implementasi desain:

1. Implementasi *database*, salah satu contoh implementasi *database* yang digunakan adalah entitas mesin pada Gambar 7.
2. *Relationship*, dalam *prototype computerized maintenance management system* terdapat 10 entitas dengan relasi berdasarkan ERD pada Gambar 8.



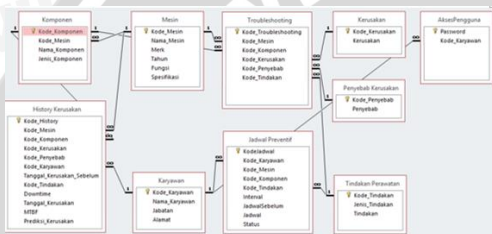
Gambar 10. *Printscreen Form Troubleshooting Mesin*



Gambar 7. *Tampilan Table Design pada Microsoft Access 2013*

Bulan	Tanggal	Waktu	Status	Tempat	Objek	Uraian
March 2013	000000	Thursday, March 14, 2013	Agung	Bending	motor listrik	Bersihkan karbon pada ulir motor listrik
April 2013	000000	Friday, April 12, 2013	Agung	Bending	gearbox	Perbaiki tegang remusat de silinder hidrolik
May 2013	000000	Monday, May 6, 2013	Elfinah	Bending	silinder hidrolik	Penggantian valve
June 2013	000013	Wednesday, June 13, 2013	Karnati	Bending	gearbox	semua gearbox

Gambar 11. *Print Preview Report Jadwal Perawatan Preventif Mesin*



Gambar 8. *Printscreen Relasi Antar Entitas*

```
Option Compare Database
Dim rs As Object

Private Sub Form_Load()
Me.RecordSource = "Mesin"
Set rs = Me.RecordsetClone
Tambah.Caption = "Tambah"
End Sub

Private Sub Tambah_Click()
Me.RecordSource = "Mesin"
Set rs = Me.RecordsetClone
If Tambah.Caption = "Tambah" Then
Tambah.Caption = "Simpan"
kode
NamaMesin.SetFocus
ElseIf Tambah.Caption = "Simpan" Then
rs.AddNew
rs(0) = KodeMesin.Value
rs(1) = NamaMesin.Value
rs(2) = Merk.Value
rs(3) = Tahun.Value
rs(4) = Fungsi.Value
rs.Update
Tambah.Caption = "Tambah"
MsgBox "Data telah tersimpan", vbInformation
KodeMesin.Value = ""
NamaMesin.Value = ""
Merk.Value = ""
Tahun.Value = ""
Fungsi.Value = ""
End If
End Sub
```

Gambar 12. *Syntax Proses Memasukkan dan Menyimpan Data Mesin*

3. Implementasi hirarki menu, hirarki menu diimplementasikan dalam bentuk menu utama dimana semua *user* akan melakukan *login* berdasarkan *username* dan *password* seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. *Printscreen Menu Utama*

5. Pembahasan

Dalam rekayasa perangkat lunak, pembahasan hasil penelitian dilakukan dengan tahap pengujian. Tahap pengujian ini ditinjau dari tiga segi, yaitu uji verifikasi, uji validasi dan uji *prototype* yang masing-masing terdapat tujuan yang saling terhubung.

4. Implementasi *user interface*, salah satu contoh dari implementasi yaitu *form troubleshooting* mesin pada Gambar 10.
5. Implementasi *report*, salah satu contoh dari implementasi *report* yaitu *report* jadwal perawatan preventif mesin pada Gambar 11.
6. Implementasi modul program, berikut implementasi modul program untuk memasukkan dan menyimpan data mesin seperti pada Gambar 12.

1. Verifikasi
Uji verifikasi dilakukan dengan tujuan untuk menguji apakah program berjalan sesuai dengan desain yang telah dirancang. Uji verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan desain *database*, *user interface*, modul program pada tahap desain dengan implementasi dan ketelitian program aplikasi. Pada perancangan *computerized maintenance management system*, implementasi sudah sesuai dengan desain yang dirancang. Salah satu contoh yaitu Pengujian ketelitian program dilakukan pada saat menambah dan menyimpan data seperti yang ditunjukkan pada

Gambar 13 yang merupakan hasil pengujian ketelitian program untuk data jadwal perawatan preventif.

Gambar 13. Periode Summary Report

2. Validasi

Uji validasi bertujuan untuk menguji apakah sistem yang dirancang dapat berfungsi sepenuhnya dan memenuhi kebutuhan *user* sebagai *computerized maintenance management system* pada PT. DEN. Hasil uji validasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Validasi *Computerized Maintenance Management System*

Pengguna	Kebutuhan pengguna yang dipenuhi
SPV dan Administrator	Mengelola <i>database computerized maintenance management system</i> dengan baik.
	Administrator dapat memasukkan dan mengedit data mesin, komponen, karyawan, kerusakan mesin, penyebab kerusakan, dan tindakan perawatan.
	Administrator dapat memperoleh <i>report</i> hasil rekap data mesin, komponen, karyawan, kerusakan mesin, dan jadwal perawatan preventif mesin
	SPV dapat memasukkan data tindakan perawatan mesin dan jadwal perawatan serta penugasan kerusakan mesin.
	Sistem mampu memberikan kontrol terhadap jadwal perawatan yang dilakukan dengan memberikan peringatan terhadap perawatan harian maupun perawatan yang terlambat dilakukan.
Karyawan	Sistem mampu memberikan laporan rutin harian dan <i>summary</i> kepada SPV berupa laporan laporan kerusakan mesin dan laporan jadwal perawatan mesin.
	Sistem dapat menampilkan jadwal perawatan mesin yang harus dilakukan karyawan setiap hari dan memberikan peringatan kepada karyawan mengenai jadwal <i>maintenance</i> yang terlambat dilakukan.
	Sistem mampu memberikan informasi <i>troubleshooting</i> mesin ketika terjadi kerusakan.

Berdasarkan hasil uji validasi, *prototype computerized maintenance management system* sudah dapat memenuhi kebutuhan sistem yang dibutuhkan oleh SPV, administrator, dan karyawan. *Prototype* juga dapat memberikan laporan yang dibutuhkan oleh SPV dan manager sebagai kontrol terhadap tindakan perawatan mesin yang mengalami keterlambatan dengan memberikan *alert*. Kebutuhan administrator dalam mengelola data-data untuk manajemen perawatan mesin sudah terpenuhi dengan adanya *database* yang mengintegrasikan seluruh data dan mengolah data sehingga dapat menyajikan informasi berupa laporan data keseluruhan. Sedangkan untuk karyawan, *prototype*

computerized maintenance management system sudah memenuhi kebutuhan yang diperlukan yaitu karyawan sudah bisa melakukan *troubleshooting* dan melihat jadwal perawatan preventif mesin *bending*.

3. Uji Prototype

Uji *prototype* bertujuan untuk mengetahui apakah *prototype* dapat mengatasi masalah dan kelemahan sistem perawatan mesin yang lama. Pada uji ini, *prototype computerized maintenance management system* terbukti dapat mengatasi kelemahan sistem lama dengan komparasi antara sistem perawatan lama dan setelah ada sistem baru seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komparasi antara Sistem Lama dan Sistem Baru

Sistem Lama	Sistem Baru
Kinerja departemen <i>maintenance</i> PT. DEN masih kurang dikarenakan tindakan perawatan mesin memerlukan waktu lama sekitar 10-15 menit.	<i>Prototype computerized maintenance management system</i> mampu menelusuri data kerusakan maupun tindakan perawatan lebih cepat dan akurat, hanya membutuhkan waktu sekitar 5-10 detik.
Sulitnya menelusuri informasi yang dibutuhkan oleh SPV tentang data mesin, data kerusakan mesin, dan jadwal perawatan mesin.	Sudah menggunakan <i>database</i> yang terintegrasi dalam menelusuri data kerusakan maupun perawatan mesin.
Informasi mengenai kerusakan mesin maupun tindakan <i>maintenance</i> yang dilakukan masih manual berupa <i>maintenance form</i> sehingga meskipun sudah terorganisir dengan baik namun <i>form</i> berisiko hilang.	Data disimpan dalam <i>database</i> sehingga kecil kemungkinan data akan hilang atau tidak lengkap ketika diperlukan.
Penyimpanan data yang masih manual memungkinkan terjadinya kesalahan dalam proses input data.	Proses pencatatan maupun pencarian data sudah terkomputerisasi dan terdapat fitur <i>dropdown</i> guna meminimalisasi terjadinya kesalahan dalam proses <i>input</i> data.
Biaya yang dikeluarkan dan waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem cukup besar karena terdapat biaya administrasi untuk pembuatan dan penyimpanan dokumen secara manual dengan kertas.	Minimalisasi biaya yang dikeluarkan dalam perancangan <i>prototype computerized maintenance management system</i> karena program dijalankan di komputer yang telah dimiliki oleh departemen <i>maintenance</i> sebelumnya.
Sistem yang lama belum bisa mengontrol kapan tindakan perawatan mesin harus dilakukan oleh karyawan.	Sistem dapat memberikan peringatan tentang tindakan perawatan yang belum atau terlambat dilakukan.
Sistem manual yang berjalan belum menyediakan tindakan perawatan apa yang harus dilakukan dan siapa yang bertanggungjawab menangani kerusakan mesin	Sistem menyediakan informasi tindakan perawatan yang harus dilakukan sesuai keahlian dan karyawan sehingga membantu memberikan kebijakan

yang terjadi.	perawatan yang lebih baik berdasarkan data historis yang ada.
---------------	---

Lanjutan Tabel 4. Komparasi antara Sistem Lama dan Sistem Baru

Sistem Lama	Sistem Baru
Karyawan dapat mengakses semua data pada departemen <i>maintenance</i> karena data tidak dilengkapi sistem keamanan.	Sistem telah dilengkapi <i>username</i> dan <i>password</i> dengan hak akses yang berbeda untuk masing-masing pengguna.
Belum memanfaatkan teknologi yang ada, data masih dicatat dan disimpan secara manual sehingga membutuhkan tempat penyimpanan di dalam lemari kabinet yang memerlukan ruang cukup banyak.	Sistem sudah memanfaatkan teknologi dengan menggunakan komputer untuk melakukan pencatatan, penyimpanan, maupun penyajian informasi dan laporan sehingga tidak membutuhkan lemari penyimpanan.
Belum adanya jadwal perawatan preventif mesin yang menyebabkan waktu <i>downtime</i> mesin sangat tinggi.	Sistem telah menyediakan jadwal perawatan preventif sehingga tidak perlu menunggu terjadinya kerusakan baru melakukan perawatan mesin.
Pelayanan akan kebutuhan informasi dari beberapa data berlangsung lama karena data belum terintegrasi menjadi satu sehingga sistem tidak fleksibel.	Sistem sudah terintegrasi dan fleksibel terhadap perubahan yang ada sehingga pelayanan akan kebutuhan informasi semua data mengenai <i>maintenance</i> mesin lebih cepat dan akurat.
Laporan hasil dari sistem yang ada saat ini masih cukup sulit diperoleh dengan cepat karena untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan harus meneliti arsip-arsip satu persatu.	Sistem telah menyediakan laporan yang dibutuhkan sewaktu-waktu secara otomatis berdasarkan kerusakan yang terjadi dan tindakan perawatan yang tercatat dalam <i>database</i> program.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa *computerized maintenance management system* sudah dapat memperbaiki semua kelemahan sistem lama pada PT. DEN dari segi *performance, information, economy, control, efficiency* dan *service*. Sistem sudah terorganisir dengan baik dalam *database* untuk meminimalisasi redundansi data sehingga tidak memerlukan rak-rak untuk penyimpanan dokumen secara manual yang tentunya dapat menghemat biaya operasional serta waktu yang biasa dibutuhkan ketika mencari dokumen secara manual. Sistem juga mampu memberikan peringatan untuk mengontrol tindakan perawatan yang terlambat dilakukan serta menghasilkan *report* yang dapat digunakan oleh SPV maupun *manager* untuk membuat kebijakan pada departemen *maintenance*

dengan mempertimbangkan data historis kerusakan mesin dan tindakan perawatan yang selama ini dilakukan. Selain itu *prototype* aplikasi ini dapat meminimalisasi waktu perbaikan kerusakan mesin maupun waktu *downtime* mesin yang berdampak pada meningkatnya performansi mesin sehingga proses produksi pada PT. Dinamika Energitama Nusantara berjalan lebih baik.

6. Kesimpulan

Penyebab kerusakan mesin *bending* dapat diketahui setelah digambarkan melalui *fault tree* dimana penelusuran penyebab kerusakan dibagi atas kerusakan bagian mekanik dan kerusakan bagian elektrik. Kerusakan mekanik dibagi atas 6 kerusakan yaitu kerusakan sistem hidrolik, pompa, *gearbox, dies, clamp,* dan *reservoir*. Sedangkan kerusakan elektrik dibagi atas 3 kerusakan, yaitu kerusakan motor listrik, *power,* dan *control box*.

Prototype computerized maintenance management system memiliki dua fitur utama, yaitu *troubleshooting* mesin yang memberikan informasi mengenai tindakan perawatan yang dilakukan ketika terjadi kerusakan mesin serta fitur yang menyajikan informasi jadwal perawatan preventif mesin berdasarkan perhitungan *mean time between failure (MTBF)* serta *manual book* mesin.

Berdasar seluruh proses yang dilakukan, yakni analisis sistem, pendesainan, implementasi serta pengujian dapat disimpulkan *computerized maintenance management system* ini adalah solusi tepat dalam penyelesaian permasalahan pada departemen *maintenance* di PT. Dinamika Energitama Nusantara. *Prototype* yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan *user* antara lain dapat memberikan laporan kepada SPV dan *manager*, yaitu laporan jadwal perawatan preventif mesin dan laporan kerusakan mesin yang dapat digunakan SPV untuk mengambil kebijakan tindakan perawatan mesin mendatang. Sistem ini juga dapat membantu karyawan melakukan pencarian informasi secara cepat dan membantu SPV melakukan kontrol terhadap tindakan perawatan mesin yang belum dilakukan dengan memberikan peringatan terhadap jadwal yang mengalami keterlambatan. Dari hasil uji verifikasi, validasi dan uji *prototype, computerized maintenance management system* merupakan sistem yang efektif dan efisien

untuk membantu mengelola proses manajemen perawatan mesin pada PT. DEN.

Daftar Pustaka

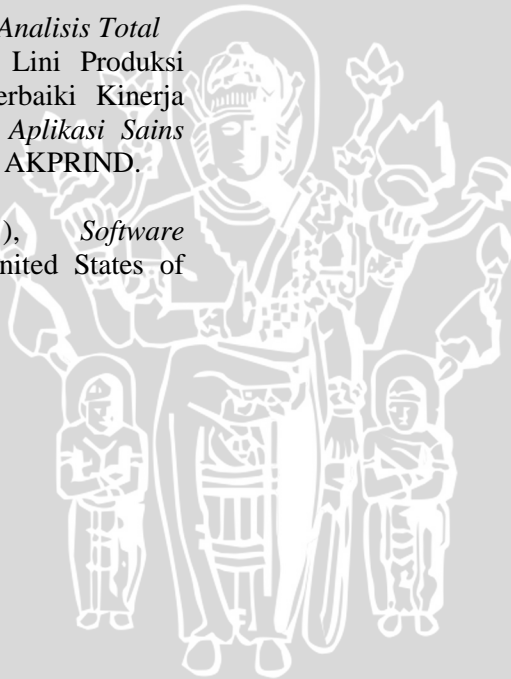
Bagadia, Kris (2006), *Computerized Maintenance Management System Made Easy*, McGraw-Hill.

MacDonald, Matthew (2010), *Access 2010: The Missing Manual*, United States of America: O'Reilly Media Inc.

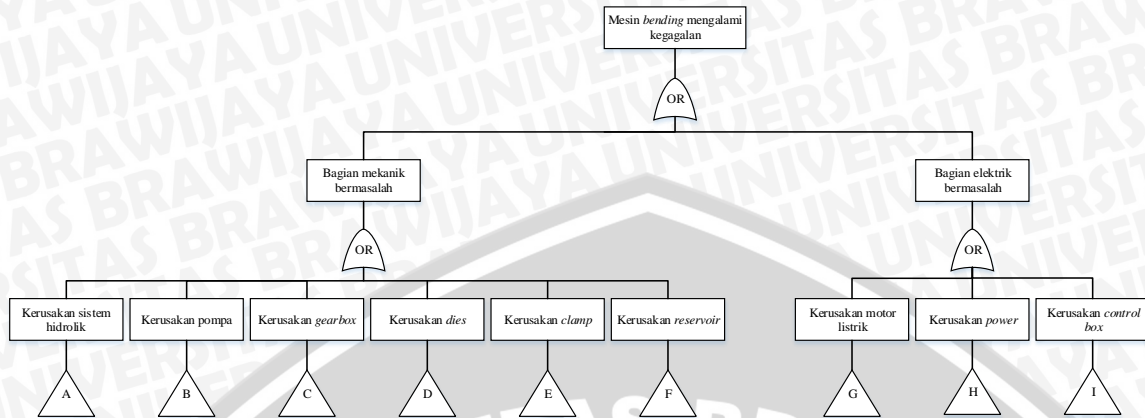
NASA Office of Safety and Mission Assurance (2002), *Fault Tree Handbook with Aerospace Applications*, United States of America: NASA.

Said, A. dan Susetyo, J. (1980), *Analisis Total Productive Maintenance pada Lini Produksi Mesin Perkakas Guna Memperbaiki Kinerja Perusahaan*, *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*, Yogyakarta: IST AKPRIND.

Sommerville, Ian (2011), *Software Engineering: Ninth Edition*, United States of America: Addison-Wesley.



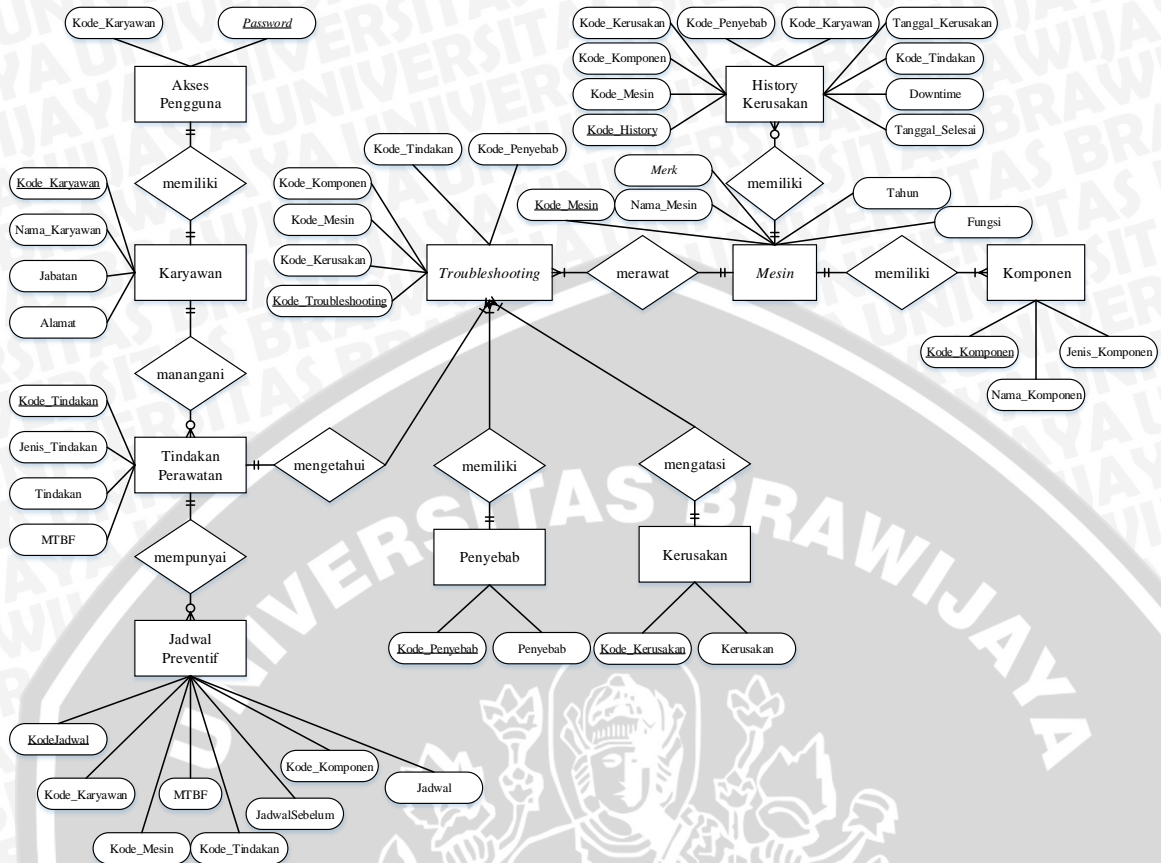
LAMPIRAN FAULT TREE, DAFTAR ENTITAS, DAN ERD



Gambar 3. FT Mesin Bending

Tabel 5. Komparasi antara Sistem Lama dan Sistem Baru

No	Entitas	Atribut
1.	Akses Pengguna	<u>Password</u> , Kode_Karyawan
2.	Karyawan	<u>Kode Karyawan</u> , Nama_Karyawan, Status, Jabatan, Alamat
3.	Mesin	<u>Kode Mesin</u> , Nama_Mesin, Merk, Tahun, Fungsi
4.	Komponen	<u>Kode Komponen</u> , Nama_Komponen, Jenis_Komponen
5.	Kerusakan	<u>Kode Kerusakan</u> , Kerusakan
6.	Penyebab Kerusakan	<u>Kode Penyebab</u> , Penyebab
7.	Tindakan Perawatan	<u>Kode Tindakan</u> , Jenis_Tindakan, Tindakan, MTBF
8.	Troubleshooting	<u>Kode Troubleshooting</u> , Kode_Mesin, Kode_Komponen, Kode_Kerusakan, Kode_Penyebab, Kode_Tindakan
9.	Jadwal Preventif	<u>KodeJadwal</u> , Kode_Karyawan, Kode_Mesin, Kode_Komponen, Kode_Tindakan, Interval, JadwalSebelum, Jadwal
10.	History Kerusakan	<u>Kode History</u> , Kode_Mesin, Kode_Komponen, Kode_Kerusakan, Kode_Penyebab, Kode_Karyawan, Tanggal_Kerusakan, Kode_Tindakan, Downtime, Tanggal_Selesai



Gambar 14. Entity Relationship Diagram Computerized Maintenance Management System