

M1-010 Pemodelan Mesin Bubut Cerdas

**Yatna Yuwana Martawirya,
Lindung P. Manik**

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10, Bandung 40132, Indonesia
Telepon: +62 22 2504243, Fax: +62 22 253 4099,
E-mail: yatna@tekprod.ms.itb.ac.id

Ringkasan

Penelitian ini berhubungan dengan pembangunan model data suatu mesin bubut konvensional yang memiliki kecerdasan pada level modelnya. Pemodelan seperti ini merupakan teknik yang perlu dilakukan dalam mengimplementasikan konsep Sistem Produksi Terdistribusi Mandiri (SPTM) di lingkungan manufaktur yang masih menggunakan mesin-mesin konvensional. Dengan menggunakan model mesin bubut cerdas yang dikembangkan, perencanaan proses di mesin perkakas terutama di mesin bubut dapat dilakukan dengan cepat untuk menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang diminta dan dengan pada kondisi pemesinan yang mendekati optimum. Model mesin bubut cerdas ini dirancang terdiri atas empat modul pengelolaan data pendukung yaitu: pengelolaan data workshop, pengelolaan data mesin perkakas, pengelolaan data pemesinan, dan pengelolaan data kelengkapan perkakas potong. Dengan adanya modul-modul ini model mesin bubut yang dikembangkan dapat memiliki empat jenis kecerdasan yaitu: kemampuan pengelolaan data, kemampuan pemilihan alternatif tool set; kemampuan pemilihan parameter operasi; dan kemampuan penghitungan ongkos pemesinan. Ada sembilan proses yang mampu dilakukan model ini, yaitu: bubut luar, bubut muka, bubut alur dalam, bubut alur luar, bubut ulir luar, bubut ulir dalam, pemotongan, gurdi, dan perluasan lubang.

Abstract

This research deals with the development of data model of the conventional lathe that has intelligent at its model level. Such modeling is a technique that has to be done in the implementation of Autonomous Distributed Manufacturing System (ADiMS) Concept at the conventional manufacturing environment. By using the developed smart lathe model, the process planning at the machine tools especially at the lathe can be done very fast to produce the cutting operation parameter with the nearest optimum machining condition. This smart lathe model consists of four supporting modules. They are workshop data management, machine tool data management, machining data management, and tooling system management. Supported by these modules, the developed model of a lathe has four capabilities. They are capabilities in data management function, in a tool set (tooling) alternative selection function, in operation parameter selection function, and in machining cost calculation function. There are nine types of machining process that can be done by this model. They are external turning, facing, internal grooving, external grooving, external threading, internal threading, cutting, drilling, and boring.

Keywords: smart lathe, data model, ADiMS

1. Pendahuluan

Dewasa ini, industri manufaktur menghadapi tuntutan pasar yang semakin dinamis dan persaingan yang semakin ketat. Metode produksi massal yang sudah banyak digunakan selama beberapa dekade terakhir kurang cocok untuk menghadapi persaingan seperti ini. Disisi lain produksi dengan banyak variasi dan jumlah produk setiap varian yang sedikit sulit pengelolaannya. Metode produksi yang terakhir ini merupakan tuntutan industri maju. Tuntutan yang demikian hanya dapat dipenuhi jika suatu industri menguasai teknologi dan sistem informasi produksi.

Salah satu mesin perkakas yang sering digunakan untuk aplikasi yang sangat luas di bidang pemesinan adalah mesin bubut. Untuk dapat mengelola proses bubut dengan baik diperlukan kecakapan yang cukup tinggi dalam hal pemilihan sistem perkakas potong, pemilihan parameter operasi pemesinan, perkiraan ongkos pemesinan dan sebagainya. Dengan adanya model mesin bubut yang cerdas, maka bagian *Production Planning and Control* (PPC) suatu pabrik akan dapat dibantu dalam merencanakan proses di mesin bubut dengan konsisten, seragam, optimum, cepat dan tepat tanpa mengesampingkan kualitas produk.

2. Sistem Produksi Terdistribusi Mandiri

Sistem Produksi Terdistribusi Mandiri (SPTM) merupakan salah satu sistem produksi maju. Sistem produksi maju dituntut untuk bersifat fleksibel, yakni dapat memenuhi tuntutan kebutuhan yang bervariasi dan tidak ketinggalan zaman. Selain itu sistem produksi maju juga bersifat terdistribusi, yakni setiap elemen produksinya harus mempunyai otonomi yang tinggi dalam kemampuan analisa desain produk, perencanaan proses produksi, dan pengendalian produksi maupun operasi produksi. Berdasarkan alasan tersebut, SPTM dirancang berdasarkan tiga konsep dasar^[1]:

- pemberian otonomi pada elemen produksi.
- pendistribusian tugas pada elemen produksi.
- pengkoordinasian hasil pengambilan keputusan.

Otonomi Elemen Produksi

Dengan pemberian fungsi otonom yang semakin tinggi pada setiap elemen produksi, diharapkan peranan operator dalam produksi akan dapat semakin dikurangi, dan impian menuju otomasi pabrik (*Factory Automation*) semakin menjadi kenyataan. Adapun otonomi tersebut meliputi:

- **Fungsi monitoring:** mengetahui status dirinya
- **Pengambilan keputusan:** menentukan proses produksi yang paling sesuai dilakukan berdasarkan kriteria yang dimiliki dan status dirinya.
- **Pengendalian:** mengendalikan dirinya sendiri dalam melaksanakan operasi produksi.
- **Komunikasi:** menginformasikan data pada elemen produksi lainnya tentang status dan hasil pengambilan keputusan

Pendistribusian Tugas

Penyelesaian masalah yang dihadapi oleh sistem manufaktur dilakukan secara terdistribusi oleh elemen-elemen produksi yang masing-masing mempunyai otonomi. Tidak terdapat pusat pengendali yang secara langsung mengendalikan aktivitas elemen produksi. Masing-masing elemen produksi akan mendukung penyelesaian masalah produksi yang ada sesuai dengan kemampuannya.

Pengkoordinasian Hasil Pengambilan Keputusan

Karena setiap elemen produksi dapat melakukan pengambilan keputusan secara mandiri (otonom), agar tidak terjadi konflik diperlukan mekanisme negosiasi agar tercapai kondisi harmonis.

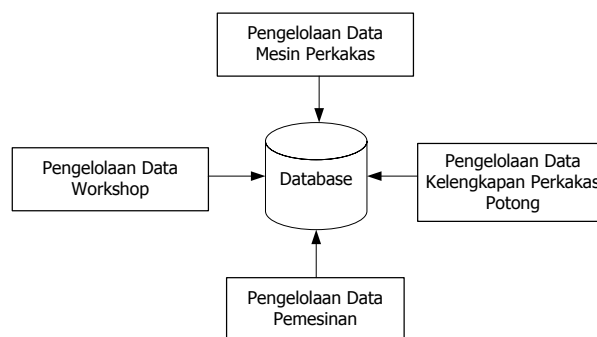
3. Modul Model Mesin Bubut Cerdas

Adapun kecerdasan-kecerdasan utama yang diinginkan wajib dimiliki oleh model mesin bubut cerdas ini adalah:

1. Memiliki fungsi pengelolaan data pendukung seperti penambahan, perbaikan, dan penghapusan data.
2. Mampu memilih alternatif *tool set* untuk tiap-tiap proses yang akan dilakukan oleh mesin bubut.
3. Mampu memilih parameter operasi untuk tiap-tiap proses yang akan dilakukan oleh mesin bubut.
4. Mampu menghitung ongkos pemesinan untuk mesin bubut yang akan digunakan.

Untuk memenuhi kecerdasan diatas, maka model ini memerlukan 4 modul pengelolaan data pendukung yang saling berhubungan yaitu:

1. Pengelolaan data *workshop*
2. Pengelolaan data mesin perkakas
3. Pengelolaan data pemesinan
4. Pengelolaan data kelengkapan perkakas potong (sistem pemerkakasan)

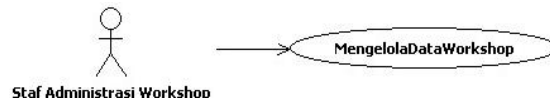


Gambar 3.1 Arsitektur Model Mesin Bubut Cerdas

Sistem di atas akan dimodelkan dengan metode yang merupakan evolusi dari pemodelan berorientasi obyek yang disebut *unified modelling language* (UML). UML adalah bahasa pemodelan serbaguna yang digunakan untuk membuat spesifikasi, visualisasi, konstruksi, dan dokumentasi hal-hal yang berhubungan dengan sistem perangkat lunak.

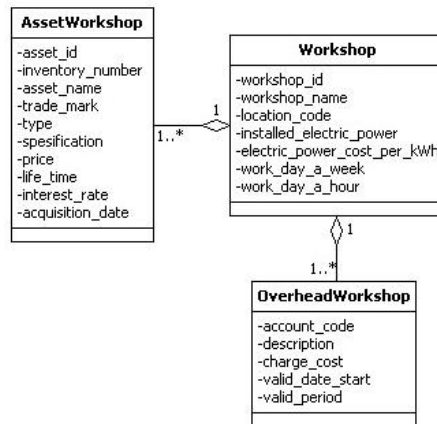
3.1 Modul Pengelolaan Data *Workshop*

Pada gambar berikut, diperlihatkan hubungan antara sistem dengan aktor yang akan berinteraksi dengan modul ini.



Gambar 3.2 Use-case Diagram Pengelolaan Data *Workshop*

Modul ini digunakan untuk menyimpan data-data yang berhubungan dengan *workshop*. Seperti aset yang dimiliki dan ongkos *overhead* yang dikenakan untuk *workshop* tersebut. Modul pengelolaan data *workshop* ini terdiri dari kelas *Workshop*, *Asset Workshop*, dan *Overhead Workshop*.



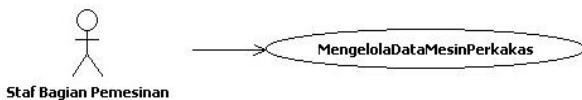
Gambar 3.3 Class Diagram Pengelolaan Data *Workshop*

Workshop Id	Workshop Name	Location	Installed Electric Power (kW)	Electric Power Cost (IDR)
WS-011	WS Gogo	011	100	600

Gambar 3.4 Interface Database Workshon

3.2 Modul Pengelolaan Data Mesin Perkakas

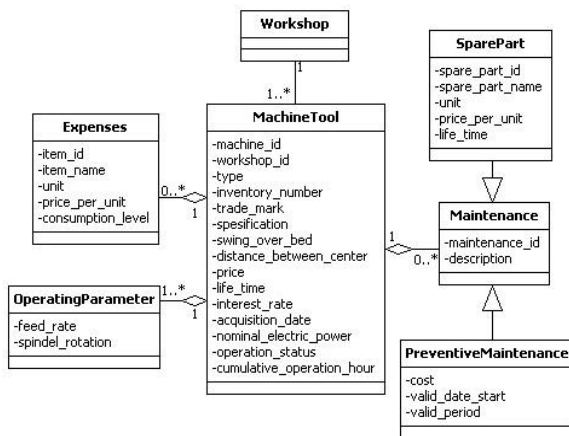
Pada gambar berikut, diperlihatkan hubungan antara sistem dengan aktor yang akan berinteraksi dengan modul ini.



Gambar 3.5 Use-case Diagram Pengelolaan Data Mesin Perkakas

Model mesin perkakas ini tidak hanya untuk mesin bubut, dengan penyesuaian atribut dapat juga digunakan untuk mesin perkakas lainnya. Dengan pemodelan seperti ini agar dapat dihasilkan perhitungan ongkos yang teliti.

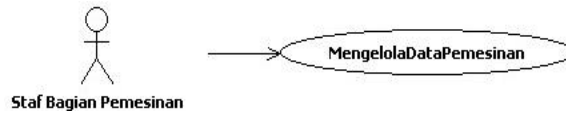
Modul pengelolaan data mesin perkakas terdiri dari kelas *Machine Tool*, *Expenses*, *Maintenance*, *Spare Part*, *Preventive Maintenance*, dan *Operating Parameter*.



Gambar 3.6 Class Diagram Pengelolaan Data Mesin Perkakas

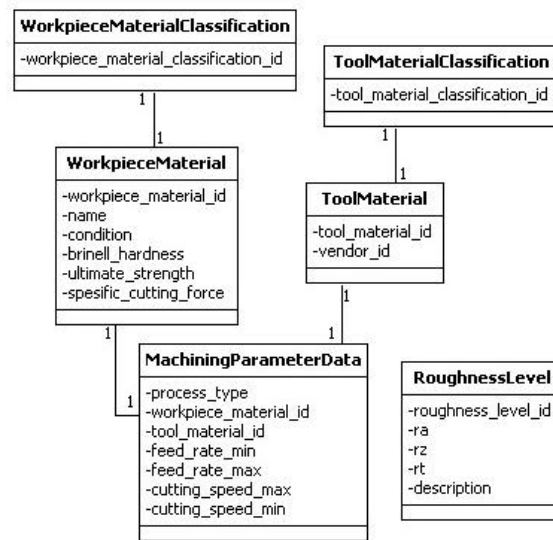
3.3 Modul Pengelolaan Data Pemesinan

Pada gambar berikut, diperlihatkan hubungan antara sistem dengan aktor yang akan berinteraksi dengan modul ini.



Gambar 3.7 Use-case Diagram Pengelolaan Data Pemesinan

Modul ini digunakan untuk menyimpan data-data parameter pemesinan yang direkomendasikan oleh suatu pabrik pembuat material pahat. Modul pengelolaan data pemesinan ini, lihat gambar 3.8, terbagi menjadi beberapa kelas yaitu: *workpiece material*, *workpiece material classification*, *tool material*, *tool material classification*, *machining parameter data*, dan *roughness level*.



Gambar 3.8 Class Diagram Pengelolaan Data Pemesinan

3.4 Modul Pengelolaan Data Kelengkapan Perkakas Potong

Pada gambar berikut, diperlihatkan hubungan antara sistem dengan aktor yang akan berinteraksi dengan modul ini.



Gambar 3.9 Use-case Diagram Pengelolaan Kelengkapan Perkakas Potong

Untuk memodelkan suatu kelengkapan perkakas potong saat ini sangatlah sulit, karena belum adanya suatu standar yang baku yang ditetapkan untuk skala nasional maupun internasional. Oleh karena itu, sebagai acuan maka dalam pemodelan sistem kelengkapan perkakas potong ini diambil acuan dari salah satu pabrik pembuat pahat terbesar di dunia saat ini yaitu *Sandvik Coromant*.

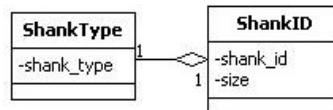
Menurut katalog *Sandvik*, suatu perkakas potong (*tool set*) merupakan susunan dari komponen-komponen penyusun perkakas potong yaitu *cutting unit*, *clamping unit*, *extension* atau *reduction*, dan *adaptor*^[21]. Untuk memudahkan pemodelan, maka sistem kelengkapan perkakas potong ini dibagi lagi menjadi modul-modul diantaranya adalah pengelolaan data *shank*, pengelolaan data ukuran sisipan, pengelolaan data sisipan dan pemegang pahat, pengelolaan data *tool set*, dan pengelolaan data *shank* mesin. Masing-masing modul akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Modul Pengelolaan Data *Shank*

Komponen-komponen penyusun suatu *tool set* dapat dirangkai jika kedua hal dibawah ini dipenuhi^[3]:

1. *Shank* yang dipegang mempunyai bentuk standar yang sama dengan pemegang.
2. Dimensi *shank* memungkinkan untuk dipasang pada bagian pemegang.

Pada suatu sistem pemerkakasan, informasi tentang *shank* suatu komponen perkakas potong akan digunakan untuk menentukan apakah komponen tersebut dapat dipasangkan dengan komponen yang lain.



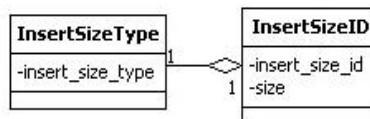
Gambar 3.10 *Class Diagram* Pengelolaan Data *Shank*

2. Modul Pengelolaan Data Ukuran Sisipan

Pada mesin bubut, ada dua tipe *cutting unit* (pahat) yang dapat digunakan, yaitu pahat dengan sisipan ataupun pahat tanpa sisipan. Walaupun sebagian kodifikasi sisipan dan pemegang sisipan telah distandarkan oleh ISO, namun sisipan dan pemegang sisipan saat ini tersedia bermacam-macam di pasaran tergantung pabrik pembuatnya. Sama halnya dengan *shank*, maka diperlukan suatu model yang dapat memfasilitasi semua produk sisipan dan pemegang sisipan yang tersedia di pasar.

Suatu sisipan dapat dicekam pada pemegangnya apabila:

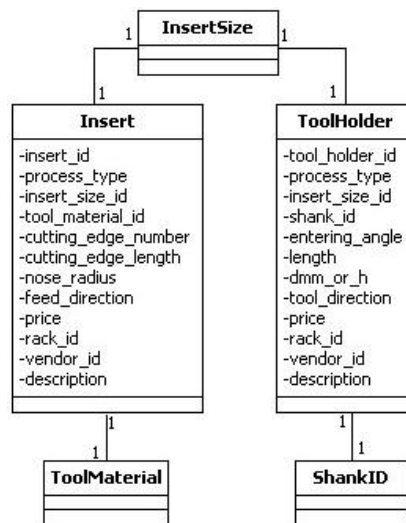
1. Sisipan yang dicekam mempunyai bentuk standar yang sama dengan pemegangnya.
2. Dimensi sisipan memungkinkan untuk dipasang pada bagian pemegangnya.



Gambar 3.11 *Class Diagram* Pengelolaan Data Ukuran Sisipan

3. Modul Pengelolaan Data Sisipan dan Pemegang Sisipan

Model sisipan dan pemegang sisipan mengacu pada *cutting unit* (pahat). *Tool Holder* berhubungan dengan mesin, oleh sebab itu informasi tentang *Shank* yang dimilikinya diperlukan karena harus sesuai dengan pemegang pahat pada mesin. *Insert Size* antara yang dimiliki oleh *Insert* harus sesuai dengan spesifikasi yang dimiliki oleh *Tool Holder* agar keduanya dapat berpasangan dengan baik.



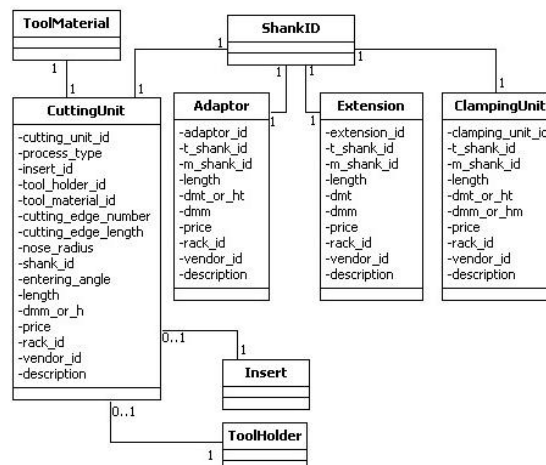
Gambar 3.4 Class Diagram Pengelolaan Data Sisipan dan Pemegan Sisipan

4. Modul Pengelolaan Data Tool Set

Suatu kombinasi perkakas potong atau *tool set* merupakan pola susunan komponen perkakas yang membentuk sistem pemerkakasan (*tooling system*). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya suatu *tool set* dapat terdiri dari:

1. Kombinasi *clamping unit* – *extension* – *adaptor* – *cutting unit*
2. Kombinasi *clamping unit* – *adaptor* – *cutting unit*
3. Kombinasi *clamping unit* – *extension* – *cutting unit*
4. Kombinasi *clamping unit* – *cutting unit*

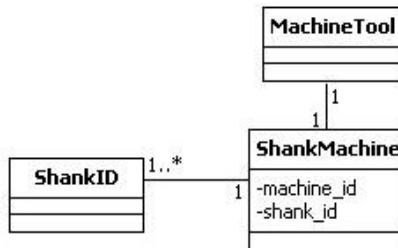
Maka suatu *tool set* dapat terdiri dari *cutting unit*, *adaptor*, *extension*, dan *clamping unit*.



Gambar 3.13 Class Diagram Pengelolaan Data Tool Set

5. Modul Pengelolaan Data *Shank* Mesin

Modul ini merupakan tempat untuk menyimpan jenis-jenis *shank* yang dimiliki oleh suatu mesin perkakas. Satu mesin perkakas dapat memiliki lebih dari satu jenis *shank*, sehingga beberapa *clamping unit* dapat dipasangkan pada satu mesin perkakas.



Gambar 3.5 Class Diagram Pengelolaan Data *Shank* Mesin

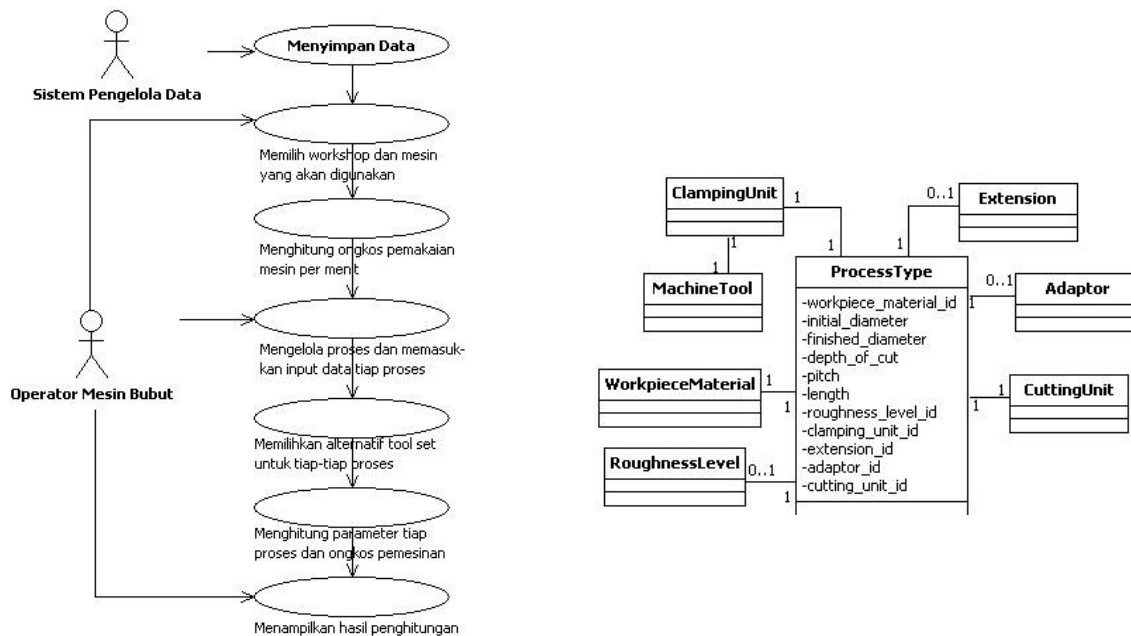
Modul SmartLathe

Seperti yang telah dikemukakan di awal ada empat kecerdasan yang wajib dimiliki oleh sistem ini. Kecerdasan yang pertama telah dipenuhi oleh keempat modul di atas. Sementara 3 kecerdasan lainnya akan dipenuhi oleh ketiga sistem berikut, yaitu:

1. Penghitung ongkos pemakaian mesin per menit.
2. Pengelolaan proses (data input tiap-tiap proses) dan pemilihan *tool set* yang sesuai.
3. Penghitung parameter tiap-tiap proses dan ongkos pemesanan.

Ketiga sistem di atas pun akan memiliki kecerdasan-kecerdasan spesifik. Ketiganya akan dijelaskan sebagai berikut.

Pada gambar berikut ini, diperlihatkan hubungan antara sistem dengan aktor yang akan berinteraksi dengan modul ini.

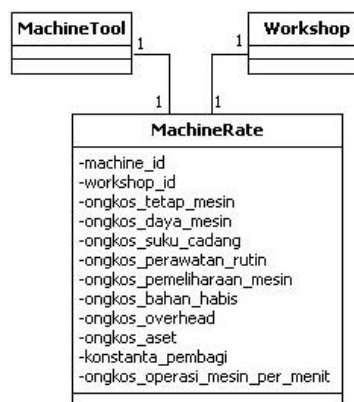


Gambar 3.6 Use-case Diagram SmartLathe

1. Penghitung Ongkos Pemakaian Mesin Per Menit

Adapun kecerdasan yang dimiliki oleh sistem ini adalah:

- Memiliki fungsi penghitungan ongkos pemakaian mesin dengan metode (rumus) yang diberikan^[4].
- Memiliki logika untuk tidak memperhitungkan kembali ongkos yang terjadi bila periode pemberlakuan telah terlewati.



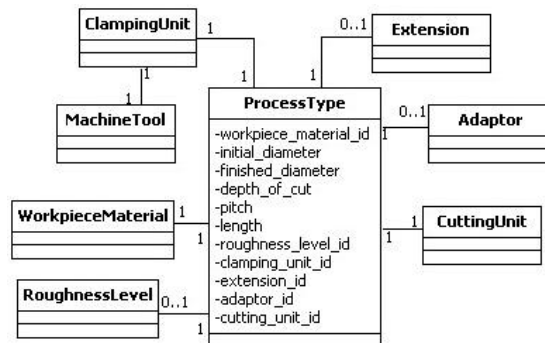
Gambar 3.7 Class Diagram Penghitung Ongkos Pemakaian Mesin

2. Pengelola Proses dan Pemilihan *Tool Set*

Adapun kecerdasan yang dimiliki oleh sistem ini adalah:

- a. Memiliki fungsi pengelola urutan proses dan data masukan yang diperlukan pada tiap-tiap proses.
- b. Memiliki fungsi pemilihan alternatif *tool set* (pemerkakasan) untuk tiap-tiap proses berdasarkan mesin dan material benda kerja yang digunakan.

Proses-proses yang dapat dilakukan oleh SmartLathe ini dibatasi menjadi sembilan tipe proses (*process type*). Proses-proses tersebut yaitu: *Turning, Facing, External Grooving, Internal Grooving, Cutting, Drilling, Boring, External Threading, dan Internal Threading*. Kelas *process type* ini merupakan generalisasi dari kesembilan proses diatas.

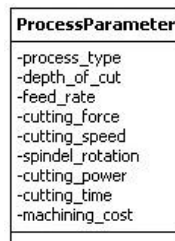


Gambar 3.17 Class Diagram Pengelola Proses dan Pemilihan *Tool Set*

3. Penghitung Parameter Proses dan Ongkos Pemesinan

Adapun kecerdasan yang dimiliki oleh sistem ini adalah:

- a. Memiliki fungsi penghitungan parameter proses dengan metode, rumus, dan prosedur yang diberikan^[5].
- b. Memiliki fungsi penghitungan ongkos pemesinan.
- c. Memiliki fungsi penyajian hasil penghitungan.

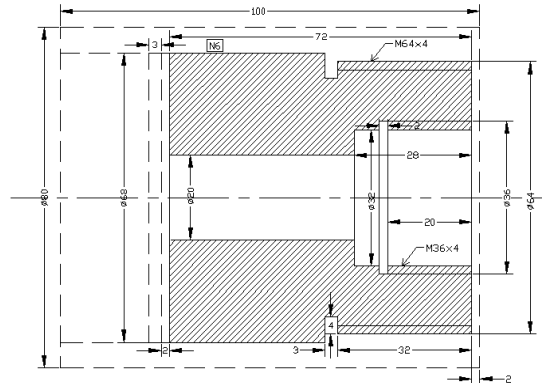


Gambar 3.8 Class Diagram Penghitung Parameter Proses

4 Studi Kasus

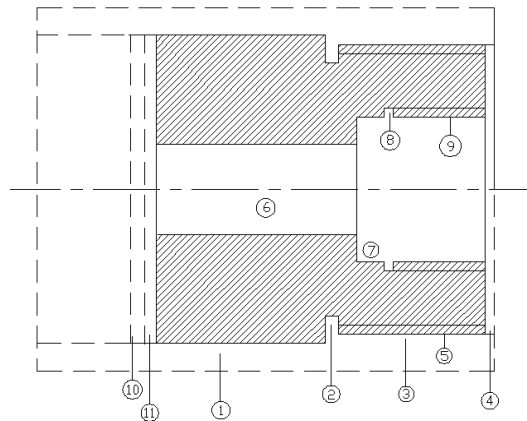
4.1 Model Produk

Produk yang akan dibuat ditunjukkan seperti gambar berikut ini. Material benda kerja adalah baja tanpa paduan 220 BHN. Diameter bahan adalah 80 mm dan panjang 100 mm.



Gambar 4.1 Gambar Teknik Studi Kasus

Urutan proses pengerjaan yang akan dilakukan:



Gambar 4.2 Urutan Proses Pengerjaan Produk

4.2 Pengoperasian Perangkat Lunak

Pada tampilan utama, klik *new project* untuk membuat *project* baru. Maka akan ditampilkan jendela seperti gambar berikut. Kemudian pilih *workshop*, pilih material benda kerja, masukkan dimensi bahan, pilih mesin bubut yang akan digunakan dan tentukan proses pertama.

Gambar 4.2 Tampilan Jendela *New Project*

Kemudian klik *save* dan *next*, maka akan keluar tampilan jendela proses yang dipilih. Karena proses yang pertama terpilih adalah *turning*, maka akan keluar tampilan jendela proses *turning* seperti gambar berikut. Masukkan data-data dimensi produk berdasarkan model produk. Setelah itu sistem akan mengeluarkan alternatif-alternatif komponen perkakas potong yang tersedia. Kemudian pilih salah satu alternatif yang disediakan. Terakhir, masukkan proses berikutnya berdasarkan urutan proses pengerjaan. Klik *save*, *next*, dan seterusnya jika masih ada proses-proses yang akan dilakukan berikutnya.

Gambar 4.4 Tampilan Jendela Proses *Turning*

Jika telah selesai, klik *finish*. Maka sistem akan mengeluarkan tampilan penyelesaian akhir (*project report*) seperti gambar 4.5. Adapun *output* yang dihasilkan adalah:

- *Machine rate*, yaitu ongkos pemakaian mesin perkakas yang digunakan per menit.
- Parameter-parameter operasi pemesinan untuk setiap proses yang telah dilakukan seperti kedalaman potong, gerak makan, kecepatan pemotongan putaran spindel, gaya pemotongan, daya pemotongan, waktu pemotongan, dan ongkos pemotongan.

- Selain itu juga ditampilkan waktu dan ongkos total pemotongan.
- Animasi untuk setiap proses juga dapat dilihat untuk menggambarkan kondisi pemotongan yang sebenarnya.

Gambar 4.5 Tampilan Jendela *Project Report*

Kesimpulan

Telah berhasil dibuat suatu model mesin bubut cerdas dengan 4 kecerdasan utama yaitu:

1. Memiliki fungsi pengelolaan data pendukung seperti penambahan, perbaikan, dan penghapusan data.
2. Mampu memilihkan alternatif *tool set* untuk tiap-tiap proses yang akan dilakukan oleh mesin bubut.
3. Mampu memilihkan parameter operasi untuk tiap-tiap proses yang akan dilakukan oleh mesin bubut.
4. Mampu menghitung ongkos pemesinan untuk mesin bubut yang akan digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] Martawirya, Y.Y., *Sistem Produksi Lanjut*, Draft, FTI-ITB, Bandung, 1995.
- [2] Coromant S., *Tool Catalogue: Main Guide And Technical Guide*, 2005.
- [3] Martawirya, Y.Y., Rhamdani, H.K. *Aplikasi Perangkat Lunak Sistem Pemerkakasan Berbasis Web*, Program Studi Teknik Mesin ITB, Bandung, 2007.
- [5] Martawirya, Y.Y., Suweca, I.W., Pagehgri, W., *Penghitungan Ongkos Pemakaian Mesin Perkakas Berdasarkan Konsep Sistem Produksi Terdistribusi Mandiri*, Program Studi Teknik Mesin ITB, Bandung, 2007.
- [6] Rochim, T., *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*, HEDS-JICA, Bandung, 1993.