

Rancang Bangun "Opera" Model Penilaian Kinerja Operasional Mesin Perkakas

Sally Cahyati^{1,a,*}, Triyono,^{2,b}M Sjahrul Annas^{3,c},A.Sumpena^{4,d}

^{1,2,3} J.Teknik Mesin, FTI,USAKTI Kampus A Jl. Kyai Tapa No 1 Jakarta, Indonesia 11440

³ J.Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI-Depok

^asallycahyati@gmail.com, ^btriyono@trisakti.ac.id, ^cmsjhrula@yahoo.com, ^dadesumpena@yahoo.com

Abstrak

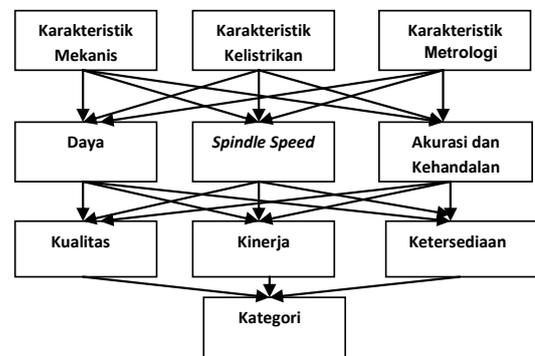
OPERA adalah sebuah model yang akan diaplikasikan pada proses penilaian kinerja operasional mesin-mesin perkakas. Pada dasarnya OPERA menggunakan metode OEE yang dimodifikasi dengan menganalisis secara holistik komponen-komponen penilaiannya. Ada tiga komponen penilaian yang diambil yaitu; karakteristik metrologi, karakteristik mekanis dan karakteristik kelistrikan dari mesin perkakas yang dinilai. Ketiga karakteristik ini dikonversi kedalam bentuk nilai % yang merepresentasikan ketersediaan, kualitas dan kinerja kelistrikannya. Kemudian ketiganya dikalikan satu sama lainnya untuk memperoleh nilai OEE-nya. Selanjutnya nilai tersebut akan menjadi input pada model Audit Energi Mesin Perkakas (AEM) yang mempunyai lingkup lebih besar. Nilai OEE yang diperoleh juga digunakan untuk acuan dalam memonitor dan memperbaiki efektivitas dari kinerja operasional mesin perkakas tersebut.

Kata kunci : penilaian, kinerja, operasional, mesin, perkakas, OEE , *ecomaintenance*.

Pendahuluan

Salah satu metode praktis yang sering digunakan dalam memonitor dan memperbaiki efektivitas suatu proses manufaktur seperti pada sel manufaktur atau lini perakitan adalah metoda OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) [1]. Metoda ini digunakan pula untuk mengetahui kemampuan atau kinerja operasional dari suatu proses manufaktur. Beberapa aplikasi OEE seringkali terbatas hanya pada perakitan semi otomatis dan otomatis penuh saja sehingga penerapannya pada perakitan manual sering menemui kesulitan [2]. Penilaian OEE umumnya dilakukan secara global tanpa memperhatikan detail dari komponen-komponen pendukung proses manufakturnya. Padahal mesin perkakas yang adalah merupakan komponen pendukung utama dari suatu proses manufaktur. Pengukuran kinerja yang cukup lengkap untuk mesin perkakas diperlukan untuk memperoleh penilaian kinerja operasional yang lebih akurat [3]. Namun karakteristik mesin perkakas yang kompleks pada proses manufakturing menyebabkan penilaian kinerja yang menggunakan OEE dengan pendekatan penilaian waktu operasi pabrik secara menyeluruh kurang tepat diterapkan. Proses pemesinan yang bersifat inkremental, banyak variasi produk dan perbedaan tingkat keahlian operator mesin akan mempengaruhi waktu pengaturan, waktu produksi dan kualitas produk yang dihasilkan. Perlu adanya penyesuaian

apabila metode OEE ingin diterapkan pada penilaian kinerja operasional mesin perkakas.



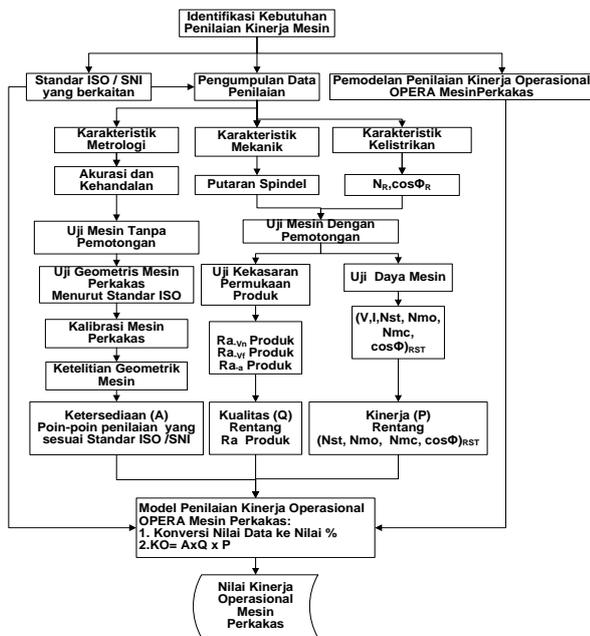
Gambar 1. OEE Pada Mesin Perkakas [1]

Pendekatan penilaian yang lebih tepat diperlukan untuk menilai kemampuan atau kinerja operasional suatu mesin perkakas yang mencakup semua keunikannya. Menurut Willoughby [4], mesin perkakas seharusnya dianalisis secara holistik kemudian hasilnya dimasukkan kedalam beberapa kategori penilaian. Sebagaimana terlihat pada Gambar1, penilaian kinerja operasional mesin perkakas dilakukan dengan mempertimbangkan tiga karakteristik yang dianggap mewakili karakteristik suatu mesin perkakas yaitu karakteristik mekanis, karakteristik metrologi dan karakteristik kelistrikan. Ketiga karakteristik mesin tersebut akan terlihat pada bagaimana kondisi konsumsi daya mesin, putaran spindel, keakurasian dan

kehandalan mesin yang dinilai. Keseluruhan parameter mesin ini akan menentukan nilai kinerja kelistrikan, nilai kualitas dan nilai ketersediaan yang akan menentukan kategori dari mesin perkakas.

Metode Penelitian

Proses penilaian kinerja operasional mesin perkakas mengikuti aliran pada diagram alir Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Penilaian Kinerja Operasional Mesin Perkakas

Rancang Bangun Model

Rancang bangun model penilaian kinerja operasional mesin perkakas OPERA dimulai dengan melakukan identifikasi kebutuhan. Kemudian pembuatan database dari standar-standar yang diperlukan dalam penilaian seperti standar ISO atau SNI. Selanjutnya secara paralel dilakukan pemodelan OPERA yang akan digunakan pada penilaian kinerja operasional mesin perkakas.

Nilai ketersediaan, kualitas dan kinerja kelistrikan dari mesin perkakas merupakan masukan dalam menentukan nilai kinerja operasional suatu mesin. Mesin perkakas umumnya bekerja secara inkremental sehingga penilaian ketersediaan didekati dengan cara menilai kesiapan mesin digunakan setiap saat pada kondisi yang baik. Ketersediaan mesin yang baik pada mesin perkakas diwakili dengan tercapainya seluruh nilai toleransi yang diijinkan pada uji ketelitian geometrik sesuai dengan standard acuan. Hal tersebut berdasarkan pemikiran bahwa mesin dengan ketelitian

geometrik baik seharusnya dapat berfungsi dengan baik pula dalam melakukan proses pemesinannya sehingga diperoleh produk dengan kualitas yang baik. Kualitas mesin dapat diukur secara tidak langsung melalui kualitas produk yang dihasilkannya, karena kualitas suatu produk pada dasarnya merupakan representasi karakteristik metrologi dari mesin pembuatnya. Cara ini diambil untuk mempermudah pengukurannya. Kualitas produk yang paling dipengaruhi oleh kualitas mesin adalah kekasaran permukaan. Hal tersebut erat hubungannya dengan getaran yang terjadi terjadi pada saat pemesinan.

Karakteristik kelistrikan merepresentasikan kinerja kelistrikan dari mesin perkakas, hal tersebut terutama jika dikaitkan motornya. Penilaian kinerja kelistrikan mesin perkakas dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan, dimana dilakukan uji pemesinan yang sama pada beberapa mesin dengan tipe dan spesifikasi yang sama. Daya yang diukur adalah daya *start* mesin (N_{st}), daya *idle* (N_{mo}) dan daya pemesinan (N_{mc}). Selanjutnya dari semua hasil pengukuran disetiap daya tersebut diatas akan dipilih hasil pengukuran yang terendah sebagai acuan untuk menilai kinerja kelistrikan mesin lainnya.

Model penilaian kinerja operasional OPERA mesin perkakas membutuhkan 3 (tiga) masukan data untuk melakukan penilaian kinerja operasional dari mesin perkakas. Ketiga data tersebut adalah ketersediaan, kualitas dan kinerja kelistrikan. Beberapa rumusan diperlukan untuk mengolah data awal menjadi data ketersediaan, kualitas dan kinerja kelistrikan mesin yaitu:

1. Ketersediaan

Ketersediaan diperoleh dengan mengasumsikan bahwa mesin yang memenuhi seluruh persyaratan ketelitian geometrik mesin perkakas standar SNI 05-1618-1989 (mesin bubut) dan ISO 1984-1-2 (mesin Freis) adalah mesin yang mempunyai ketersediaan 100%, karena seluruh fungsinya dapat bekerja dengan baik dan siap untuk digunakan untuk menghasilkan produk yang baik. Pada kedua standar tersebut diatas ada 15 jenis pengujian yang masing-masing memiliki nilai toleransi yang harus dipenuhi oleh sebuah mesin perkakas yang mempunyai ketersediaan 100%. Penilaian ketersediaan mesin mengikuti persamaan 1 dan aturan pada Tabel 1.

$$A = \frac{\sum u}{U} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

A = ketersediaan
u = jumlah nilai uji yang memenuhi syarat nilai standar
U= seluruh jenis uji ketelitian geometrik mesin yang terdapat pada standar yaitu 15 jenis

Kondisi penilaian:

A=100% ; Ketersediaan mesin 100%, ketersediaan mesin baik.
85%≤A≤100%; Ketersediaan mesin min 85%, ketersediaan mesin sedang.
A<85%;Ketersediaan mesin maks 85%, ketersediaan mesin kurang baik.

Tabel 1. Karakteristik Mekanis-Ketersediaan

N o	Hasil uji yang keluar dari nilai Standar SNI 05-1618-1989 atau ISO 1984-1-2	Kategori	Nilai
1	0	Baik	3
2	≤3 hasil uji yang keluar dari nilai standar dan atau penyimpangan tol bisa diperbaiki	Sedang	2,55
3	>3 hasil uji yang keluar dari nilai standar dan atau penyimpangan tol tidak dapat diperbaiki /diatur ulang	Tidak baik	1

2. Kualitas

Salah satu cara untuk mengetahui kualitas mesin perkakas adalah dengan mengukur tingkat kekasaran permukaan produk hasil pemesinannya. Penilaian karakteristik metrologi diwakili dengan penilaian kekasaran permukaan dari produk pemesinan mengikuti aturan pada standard DIN 4768 bagian ke 2. Aturan penilaian kekasaran permukaan produk untuk proses bubut dan milling dapat dilihat pada Tabel 2 dan menggunakan persamaan 2.

Tabel 2. Karakteristik Metrologi–Nilai Kualitas

N o	Proses Pemesinan	Kekasaran Permukaan Ra (µm)	Kategori	Nilai Kualitas (kl)
1	Bubut	Ra<0,4	Halus	3
		0,4≤Ra≤6,3	Normal	2,55
		6,3<Ra<50	Kasar	1
2	Milling	Ra<0,8	Halus	3

	0,8<Ra<6,3	Normal	2,55
	6,3<Ra<50	Kasar	1

$$Q = \left[\frac{kl_{max}}{2Kl} + \frac{kl_{min}}{2Kl} \right] \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

Q= nilai kualitas mesin
kl_{max} = nilai kualitas kekasaran maksimum permukaan produk
kl_{min} = nilai kualitas kekasaran minimum permukaan produk
Kl=nilai kualitas kekasaran permukaan produk tertinggi =3

Kondisi penilaian:

Q=100% ; Kualitas mesin 100%, kualitas mesin baik.
85%≤Q≤100%; Kualitas mesin min 85%, kualitas mesin sedang.
Q<85%;Kualitas mesin maks 85%, kualitas mesin kurang baik.

3. Nilai Kinerja kelistrikan

Kinerja kelistrikan mesin diasumsikan dapat merepresentasikan kinerja mesin perkakas. Penilaian dilakukan dengan menggunakan tiga parameter penilaian yaitu nilai daya start mesin (N_{st}), nilai daya idle (N_{mo}), dan nilai daya pemesinan (N_{mc}).

Penilaian kinerja kelistrikan mesin berdasarkan pada karakteristik kelistrikan mesin. Aturan penilaiannya mengacu pada Tabel 3 dan persamaan 3.

$$P = \frac{100\%}{6} \times \left(\left| \frac{k_{Nst} + k_{Nmo} + k_{Nmc}}{KN} \right|_{maks} + \left| \frac{k_{Nst} + k_{Nmo} + k_{Nmc}}{KN} \right|_{min} \right) \quad (3)$$

dimana:

P= nilai kinerja kelistrikan mesin
k_{Nst} = nilai kinerja kelistrikan mesin berdasarkan N_{st}
k_{Nmo} = nilai kinerja kelistrikan mesin berdasarkan N_{mo}
k_{Nmc} = nilai kinerja kelistrikan mesin berdasarkan N_{mc}
Kn=nilai kualitas kekasaran permukaan produk tertinggi

Kondisi penilaian:

P=100% ; Kinerja kelistrikan mesin 100%, kinerja kelistrikan mesin baik.
85%≤P≤100%; Kinerja kelistrikan mesin min 85%, kinerja kelistrikan mesin sedang.
P<85%;Kinerja kelistrikan mesin maks 85%,

kinerja kelistrikan mesin kurang baik.

Tabel 3. Karakteristik Kelistrikan-Kinerja Kelistrikan

No	Hasil Uji Daya	Kondisi	Kategori	Nilai Kinerja kelistrikan (k _{N..})
1	Daya start (Nst)	Nst normal	Baik	3
		Nst lebih tinggi maks sama dengan 10% Nst normal	Sedang	2,55
		Nst lebih tinggi min 10% dari Nst normal	Boros	1
2	Daya idle (Nmo)	Nmo normal	Baik	3
		Nmo lebih tinggi maks sama dengan 10% Nmo normal	Sedang	2,55
		Nmo lebih tinggi min 10% dari Nmo normal	Boros	1
3	Daya Pemakaian (Nmc)	Nmc normal	Baik	3
		Nmc lebih tinggi maks sama dengan 10% dari Nmc normal	Sedang	2,55
		Nmc lebih tinggi min 10% dari Nmc normal	Boros	1

Kinerja operasional dari mesin perkakas dapat dihitung dengan mengalikan ketiga komponen penilaian mesin yaitu; ketersediaan, kualitas dan kinerja kelistrikan mesin. Penilaian dapat dilakukan dengan menggunakan rumusan pada persamaan 4.

$$KO = AxQxP \quad (4)$$

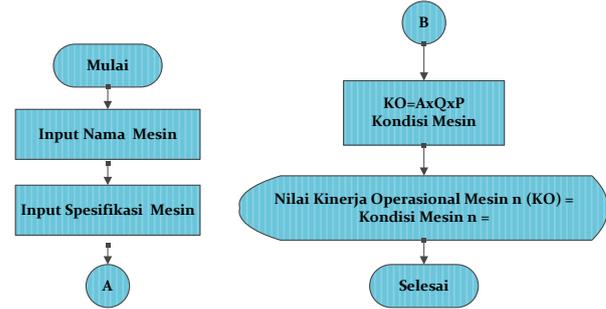
dimana:

KO = nilai kinerja operasional mesin

Kondisi penilaian:

80% < KO ≤ 100% ; Kinerja operasional mesin baik
50% ≤ KO ≤ 80%; kinerja operasional mesin sedang

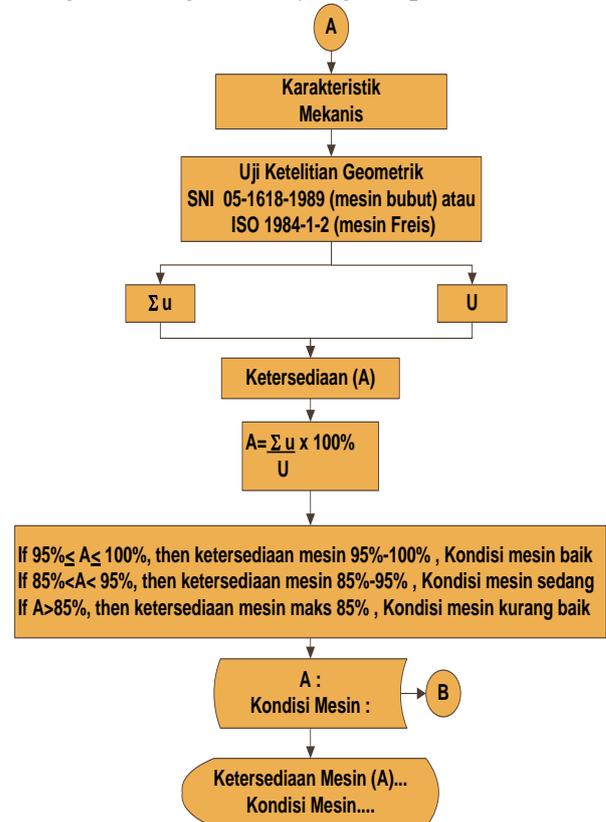
P < 50%; Kinerja operasional mesin kurang baik.



Gambar 3. Input dan Output Penilaian Kinerja Operasional Mesin Perkakas

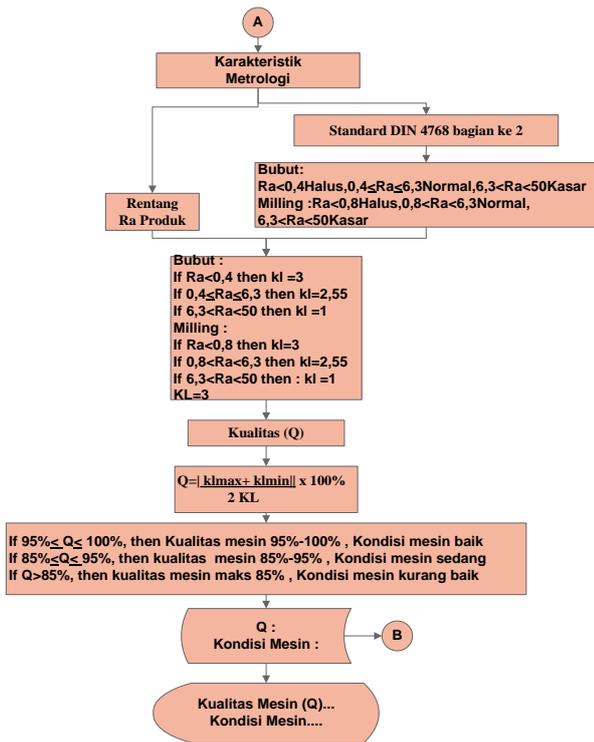
Gambar 3 memperlihatkan input dan output dari diagram alir proses penilaian kinerja operasional "OPERA".

Nilai ketersediaan mesin perkakas dihitung mengikuti diagram alir yang ada pada Gambar 4.



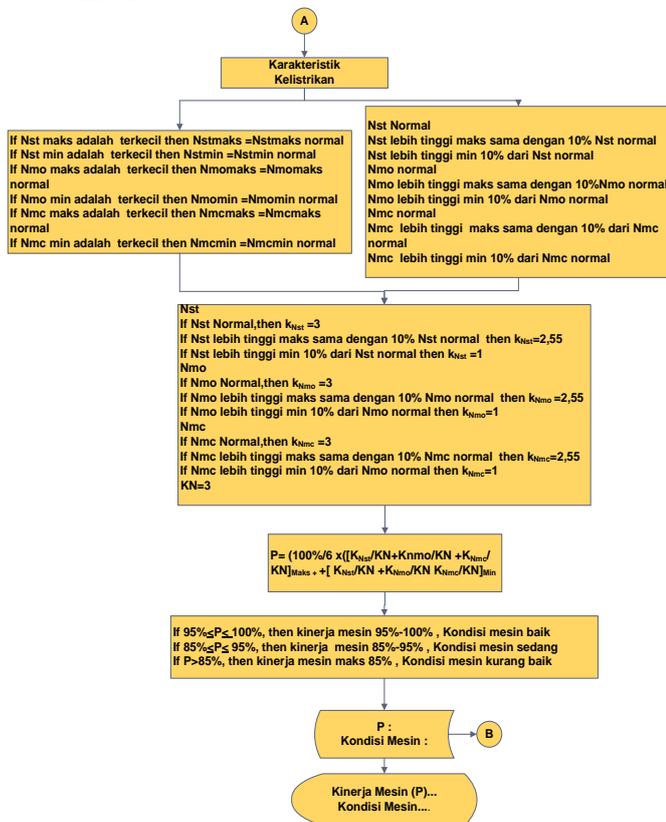
Gambar 4. Penilaian Ketersediaan Mesin

Penilaian kualitas mesin pada model penilaian kinerja operasional mesin perkakas mengikuti diagram alir pada Gambar 5.



Gambar 5. Penilaian Kualitas Mesin

Penilaian kinerja kelistrkan mesin pada model penilaian kinerja operasional mesin mengikuti diagram alir seperti yang terdapat pada Gambar 6.



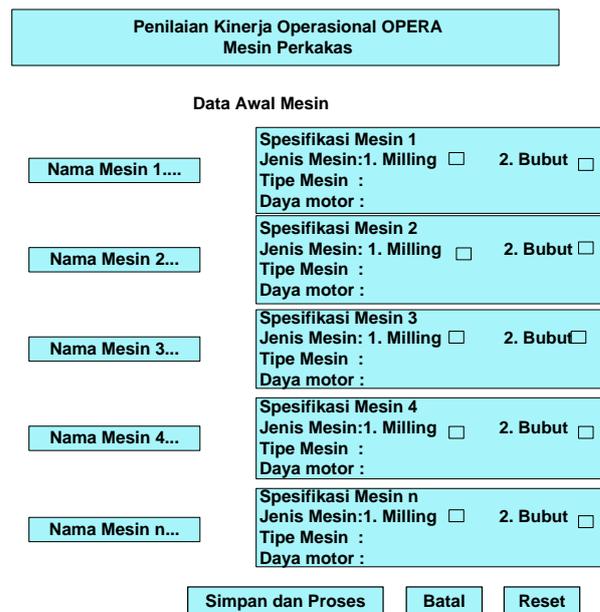
Gambar 6. Penilaian Kinerja kelistrkan Mesin

Model penilaian kinerja operasional mesin perkakas diwujudkan dalam sebuah piranti lunak OPERA dengan tampilan muka seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Muka OPERA

Setelah tampil halaman muka kemudian diklik maka selanjutnya program akan menuju kehalaman kedua seperti terlihat pada Gambar 8. Tampilan halaman dua seperti yang terlihat pada Gambar 8. Halaman dua terdiri dari kotak nama piranti lunak OPERA dan tampilan data awal mesin. Data awal mesin terdiri dari 5 baris isian data nama mesin, berikut spesifikasi mesin. Mesin yang tersedia baru mencakup dua pilihan mesin yang sering digunakan yaitu mesin bubut dan mesin milling, untuk mesin yang lainnya akan dimasukkan kedalam program pengembangan OPERA. Spesifikasi mesin terdiri dari tipe mesin dan daya motor mesin yang akan diuji.



Gambar 8. Tampilan Data Awal Mesin

Setelah mengklik kolom simpan dan proses selanjutnya akan terbuka pada layar monitor data input untuk karakteristik mesin perkakas. Karakteristik yang harus dimasukkan adalah

karakteristik mekanis mesin, karakteristik metrologi dan karakteristik kelistrikan mesin. Karakteristik kelistrikan mesin dapat diinput secara manual atau secara otomatis dengan menghubungkannya langsung kepada AEM Tools. Sedangkan pada karakteristik mekanis dan metrologi data input dimasukkan secara manual seperti yang terlihat pada Gambar 9.

Gambar 9. Tampilan Karakteristik Mesin

Tampilan terakhir adalah hasil dari proses penilaian. Nama mesin, nilai ketersediaan (A), kualitas (Q), kinerja kelistrikan (P) dan nilai kinerja operasional (KO). Terlihat juga kategori dari ketersediaan mesin, kualitas mesin, kinerja kelistrikan mesin dan kondisi kinerja operasional mesin. Selanjutnya akan muncul saran strategi *ecomaintenance* yang sebaiknya diambil.

Gambar 10. Tampilan Data Hasil OPERA

Selanjutnya model penilaian kinerja operasional mesin perkakas "OPERA" siap digunakan setelah berhasil melalui tahap validasi, dan verifikasi. Dengan mengacu pada dua penelitian awal [4] dan [5], maka model penilaian kinerja operasional mesin perkakas ini siap untuk mendukung model utama yaitu model audit energi mandiri mesin-mesin perkakas.

Kesimpulan

Penilaian kinerja operasional mesin dengan menggunakan metoda OEE yang disesuaikan

untuk mesin perkakas telah berhasil dirancang bangun. Penyesuaian ini menggunakan pendekatan holistik yang mencakup penilaian karakteristik mekanis, metrologi dan kelistrikan mesin. Ketiga karakteristik tersebut diatas akan menghasilkan nilai ketersediaan, kualitas dan kinerja kelistrikan mesin perkakas yang akan dipakai untuk menilai kinerja operasional mesin perkakas. Model penilaian kinerja operasional mesin perkakas "OPERA" yang dibangun dapat lebih akurat, lebih sistematis, lebih sederhana dan lebih cepat dalam menilai kinerja operasional mesin perkakas.

Ucapan Terima kasih

Makalah yang ditulis merupakan bagian dari hasil penelitian tahun ke 3 dari PUPY yang berjudul " Model audit Mandiri untuk Penghematan Konsumsi Energi Mesin-Mesin Perkakas" yang dibiayai oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui dana DIPA Kopertis Wilayah III Jakarta dengan nomor DIPA: 180/K3/KM/2014, tanggal 7 Mei 2014.

Referensi

- [1] The Fast Guide To OEE, <http://www.oee.com/tools>
- [2] C. Anderson, and M. Bellgrand, Managing Production Performance with Overall Equipment Efficiency (OEE) - Implementation Issues and Common Pitfalls, Proceeding of the 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 1st-3rd June, Madison, USA. (2011).
- [3] Gouberhen DV, OEE: The Good, The Bad, and The Ugly (Lean and OEE), Proceedings of the Industrial Engineering Solutions Conference. (2010).
- [4] Willoughby P, et.al., A Holistic Approach to Quantifying and Controlling The Accuracy, Performance and Availability of Machine Tools, Proceedings of the 36th International MATADOR Conference, Springer, London, ISBN 978-1-84996-431-9, 313-316. (2008).
- [5] Cahyati S, "Model Audit Energi Mandiri Untuk Mesin-Mesin Perkakas ". Laporan Penelitian Tahun kel Hibah AUPT, Lembaga Penelitian Universitas Trisakti. Jakarta, (2012).
- [6] Cahyati S, Gandamana I, Wahyutomo D, "Analisa Pola Konsumsi Mesin Perkakas; Studi Kasus Mesin Bubut, SNTTM (Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin) XI, BKSTM-Universitas Gadjah Mada, Jakarta, 16-17 October (2012).