

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS MELALUI PENGEMBANGAN METODE FUZZY ME-MCDM DENGAN ALGORITMA PEMROGRAMAN MATLAB

Nunung Nurhasanah, Latiful Af Idah

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Al-Azhar Indonesia, Komplek Masjid Agung Al Azhar
Jalan Sisingamangaraja, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12110
Tel.7244456, Fax. 7244767
e-mail: nunungnurhasanah@uai.ac.id

Abstrak

Produktivitas merupakan tolak ukur keberhasilan suatu industri. Salah satu tanda dari penurunan produktivitas adalah penurunan output yang dihasilkan. Penelitian ini membahas mengenai penyebab penurunan produktivitas Divisi Customer Packing dengan metode Root Cause Analysis. Setelah diketahui penurunan output disebabkan oleh mesin yang sering rusak, maka solusi yang diusulkan adalah dengan melakukan pembelian mesin baru dan perawatan mesin secara rutin. Pengambilan keputusan untuk membeli mesin baru dilakukan dengan menggunakan Metode Fuzzy ME-MCDM, yang dikembangkan dengan algoritma pemrograman Matlab. Berdasarkan hasil pengambilan keputusan dengan 7 orang pakar, diperoleh hasil bahwa mesin baru yang diusulkan adalah mesin dengan sistem full automatic vertical weigher, dengan bobot penilaian kepentingan sangat tinggi (ST). Dengan pembelian mesin baru tersebut Divisi Customer Packing dapat meningkatkan produktivitas sebesar 53%. Setelah dilakukan analisis Benefit Cost Ratio pembelian mesin full automatic vertical weigher dinyatakan layak karena memiliki nilai B/C 1,65. Solusi untuk jangka panjang untuk meningkatkan produktivitas adalah dengan pembuatan jadwal perawatan mesin. Berdasarkan nilai MTF (Mean Time To Failure), didapatkan hasil bahwa mesin baru akan mengikuti pola perawatan dari mesin full automatic vertical weigher 201 dan 204 yang memerlukan waktu perawatan setiap 13 dan 30 hari sekali. Dengan jadwal perawatan mesin tersebut efisiensi mesin akan meningkat menjadi 87%.

Kata Kunci: produktivitas, pengambilan keputusan, fuzzy me-mcdm, alternatif, benefit cost ratio, perawatan mesin

I. PENDAHULUAN

Pengambilan keputusan adalah sesuatu yang pasti ditemui baik itu di lingkungan sehari-hari maupun lingkungan perusahaan. Pengambilan keputusan yang realistis adalah kunci sukses bagi seorang Manajer bisnis. Permasalahan pengambilan keputusan merupakan proses pencarian opsi terbaik dari seluruh alternatif yang ada.

Dalam setiap pengambilan keputusan para pengambil keputusan akan selalu berhadapan dengan lingkungan, dimana salah satu karakteristik yang paling menyulitkan dalam proses pengambilan keputusan adalah ketidakpastian. Oleh karena itu, metode pengambilan keputusan sangatlah penting untuk membantu para pengambil keputusan dalam mengambil keputusan.

Penelitian ini berfokus pada Divisi Customer Packing pada PT. ISM Bogasari Flour Mills. Hal ini perlu diperhatikan karena mengalami penurunan produktivitas. Hal ini ditandai dengan adanya gap antara output aktual yang dihasilkan, dengan rencana target produksi (RTP), broken pack yang masih sangat banyak, mesin yang digunakan sering mengalami kerusakan, serta penjadwalan perawatan mesin yang masih belum sesuai. Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, Divisi Customer Packing memerlukan langkah yang tepat untuk dapat mengatasi penurunan produktivitas tersebut. Salah satu metode yang digunakan untuk menangani permasalahan ini, adalah dengan metode Fuzzy Multi

Expert Multi Criteria Decision Making (ME-MCDM) untuk pengambilan keputusan dalam memilih alternatif pembelian mesin baru. Berdasarkan latar belakang tersebut dibuatlah perumusan masalah dari penelitian ini, antara lain apa faktor yang menjadi penyebab menurunnya produktivitas dari Divisi *Customer Packing*?. Bagaimana pengambilan keputusan dengan bahasa pemrograman Matlab berdasarkan algoritma *Fuzzy ME-MCDM*?. Bagaimana analisis *Benefit Cost Ratio* dari pengambilan keputusan pembelian mesin baru tersebut?. Apa rancangan yang diusulkan untuk meningkatkan produktivitas jangka panjang setelah di peroleh keputusan pembelian mesin?.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi penurunan produktivitas Divisi *Customer Packing*. Menerapkan metode *Fuzzy ME-MCDM* dalam pengambilan keputusan dengan bahasa perograman Matlab. Menganalisis *Benefit Cost Ratio* dari pengambilan keputusan pembelian mesin baru. Merancang jadwal perawatan mesin untuk meningkatkan produktivitas jangka panjang setelah di peroleh keputusan pembelian mesin baru.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Produktivitas

Menurut Dewan Produktivitas Nasional (Husien, 2002:9). Produktivitas mengandung arti sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan (*input*). Dengan kata lain bahwa produktivitas memiliki dua dimensi. Dimensi pertama adalah efektivitas yang mengarah kepada pencapaian target berkaitan dengan kualitas, kuantitas dan waktu. Faktor kedua yaitu efisiensi yang berkaitan dengan upaya membandingkan *input* dengan realisasi penggunaannya atau bagaimana pekerjaan tersebut dilaksanakan.

2.2. Root cause analysis (RCA)

Root Cause Analysis (RCA) merupakan pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi faktor-faktor berpengaruh pada satu atau lebih kejadian-kejadian yang lalu agar dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja (Corcoran, 2004).

Jing (2008) menjelaskan lima metode yang populer untuk mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) suatu kejadian yang tidak diharapkan (*undesired outcome*) dari yang sederhana sampai dengan kompleks yaitu:

1. *Is/Is not comparative analysis*
2. *5 Why methods*
3. *Causes and Effect Diagram*
4. *Cause and effect matrix*
5. *Root Cause Tree.*

2.3. Fuzzy ME-MCDM (Multi Expert-Multi Criteria Decision Making)

Metode ME-MCDM (*Multi Expert Multi Criteria Decision Making*) merupakan suatu metode pengambilan keputusan dengan berbagai macam kriteria yang disediakan untuk mencari alternatif paling baik berdasarkan pendapat para *expert* yang tertuang dalam bentuk *Fuzzy (non-numeric)* terhadap situasi yang dihadapi, Yager (1993). Tahapan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan pakar yang terlibat dalam kajian ini.
2. Menentukan alternatif melalui wawancara mendalam dengan para pakar.
3. Menentukan kriteria berdasarkan tingkat kepentingan.
4. Menentukan label linguistik dari preferensi *fuzzy non numeric*.

5. Menghitung bobot masing-masing ditentukan dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan.
6. Melakukan agregasi kriteria dengan formula:
$$V_{ij} = \min[\text{neg}(W_{ak}) \vee V_{ij}(a_k)] \quad (2.1)$$
7. Menentukan bobot faktor nilai pengambil keputusan dengan rumus:
$$Q = \text{Int}[1 + (k \cdot q - 1/r)] \quad (2.2)$$
8. Melakukan agregasi pakar dengan teknik OWA melalui formula:
$$V_i = f(V_i) = \max [Q_i^{b_j}], j=1,2,\dots,m. \quad (2.3)$$

2.4. Penggunaan *Software* Matlab

Matlab merupakan singkatan dari *matrix laboratory*. Matlab adalah sebuah bahasa dengan (*high-performance*) kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. Matlab mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk pakai dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar. *Software* ini biasanya digunakan untuk:

1. Pengembangan Algoritma matematika dan komputasi
2. Pemodelan, simulasi dan pembuatan *prototype* dari penerimaan data
3. Analisa, eksplorasi dan visualisasi data
4. *Scientific* dan *engineering*
5. Pengembangan aplikasi berbasis grafik dan pembuatan *Graphical User Interface* (GUI).

2.5. Mean Time To Failure

Mean Time To Failure (MTTF) adalah rata-rata selang waktu sampai terjadinya kerusakan atau kegagalan (Ebeling, 1997). MTTF mempunyai perhitungan yang berbeda-beda untuk data kerusakan tergantung distribusi yang membentuknya. Hal ini dapat terjadi karena seperangkat peralatan yang sama akan memiliki pola kerusakan yang berbeda jika dioperasikan pada keadaan lingkungan yang berbeda. Bahkan bila peralatan yang sama tersebut dioperasikan pada keadaan lingkungan yang sama pun tetap terbuka kemungkinan bahwa kerusakan yang terjadi akan memiliki karakteristik kerusakan yang berbeda.

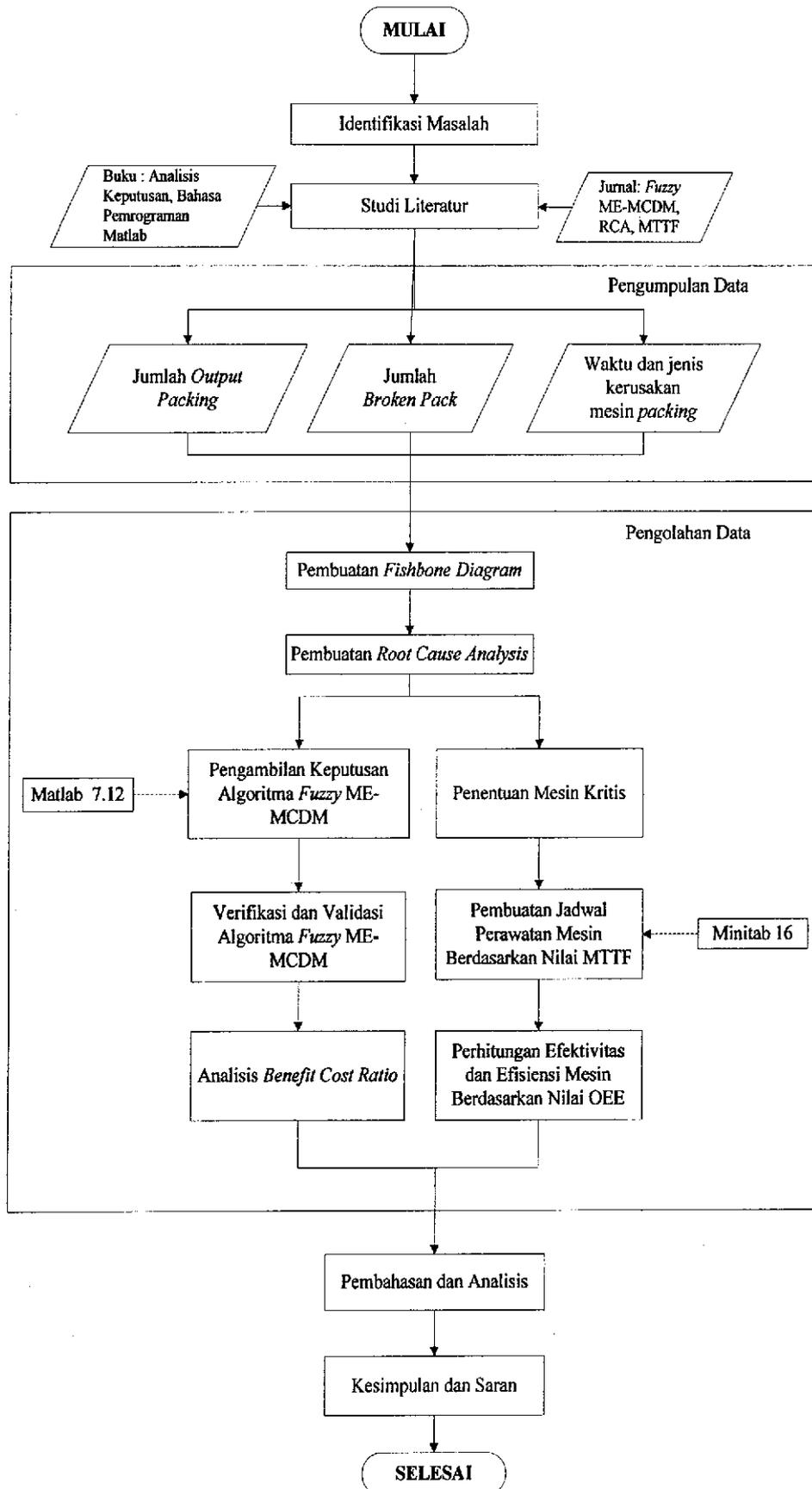
2.6. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah total pengukuran terhadap *performance* yang berhubungan dengan *availability* dari proses produktivitas dan kualitas. Pengukuran OEE menunjukkan seberapa baik perusahaan menggunakan sumber daya yang dimiliki termasuk peralatan, pekerja dan kemampuan untuk memuaskan konsumen dalam hal pengiriman yang sesuai dengan spesifikasi kualitas menurut konsumen (Tangen, 2004, p. 63). Rumus mencari nilai OEE adalah:

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality} \dots\dots\dots (2.4)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

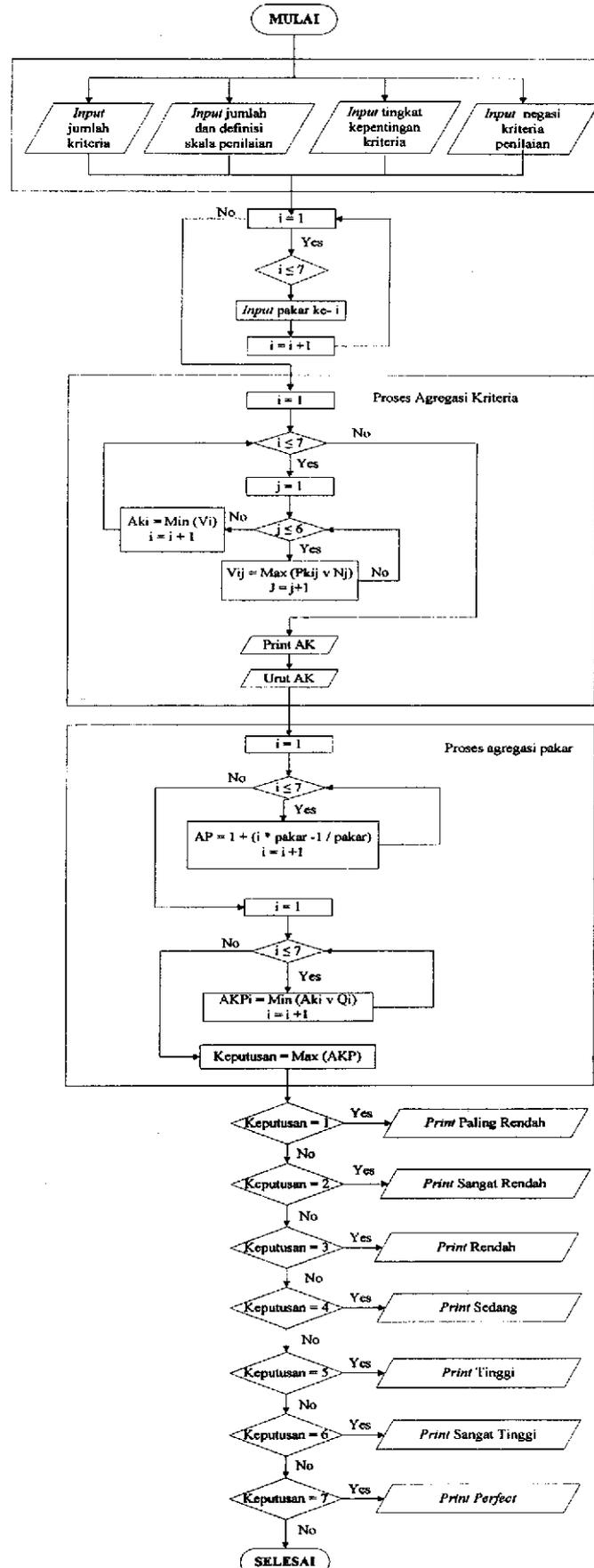
Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan melalui *flowchart* berikut ini:



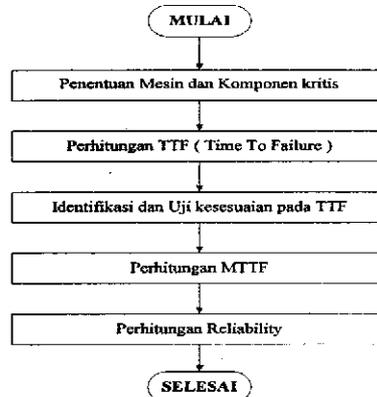
Gambar 1. *Flowchart* Penelitian



Gambar 2. Tahapan metode *Fuzzy ME-MCDM*
(Nunung Nurhasanah dan Duffi Januwar, 2012)



Gambar 3. Tahapan Fuzzy ME-MCDM pada Matlab



Gambar 4. Tahapan Mencari Nilai MTTF

IV. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Pengumpulan Data

Divisi *Customer Packing* (CP) adalah bagian yang menangani pengemasan tepung terigu PT. ISM Bogasari Flour Mills. Divisi ini menangani pengemasan tepung terigu mulai dari ukuran 0,5 , 1, dan 2 kg, baik itu yang ekonomi maupun yang premium. Setiap Divisi pada Perusahaan ini memiliki target rencana produksi (RTP) yang diterbitkan tiap minggu. RTP ini merupakan acuan yang harus dicapai guna memenuhi permintaan masyarakat terhadap produk tepung terigu Bogasari.

Salah satu yang menjadi tolak ukur produktivitas dari *Divisi Customer Packing* adalah kemampuan dalam mengemas terigu sesuai dengan yang ditargetkan. Semakin tinggi *output* yang dihasilkan, maka semakin tinggi pula tingkat produktivitas dari Divisi CP. Selain *output* yang tinggi, kualitas hasil *packing* juga menjadi salah satu yang perlu diperhatikan dari kegiatan pengemasan. Kualitas di sini, dapat dilihat dari sedikitnya produk cacat (*broken pack*) yang dihasilkan selama kegiatan pengemasan berlangsung. Semakin tinggi tingkat produksi, maka *output* yang dihasilkan akan semakin banyak, serta kemungkinan adanya *broken pack* juga akan semakin tinggi.

Tabel 1 adalah data hasil *packing* dan *broken pack* dari pengemasan tepung terigu selama 6 bulan terakhir.

Tabel 1. Jumlah *packing* yang berhasil dan gagal

No	Periode	Hasil packing/ Minggu (Unit)		GAP antara target dan aktual (Unit)	Broken pack / Minggu (Unit)
		Target	Aktual		
1	30 Des 2012 - 6 Jan 2013	855.000	867.644	2.644	5.868
2	6 - 13 Januari	1.410.000	1.406.300	-3.700	7.572
3	13 - 20 Januari	1.640.000	1.634.364	-5.636	8.573
4	20 - 27 Januari	795.000	787.488	-7.512	6.402
5	27 Jan - 3 Feb	860.000	862.228	2.228	5.901
6	3-10 Februari	915.000	911.788	-3.212	6.678
7	10-17 Februari	1.385.000	1.382.332	-2.668	11.423
8	17-24 Februari	1.245.000	1.243.036	-1.964	9.582
9	24 Feb - 3 Mar	1.161.000	1.160.184	-816	8.292
10	3 - 10 Februari	1.325.000	1.349.692	24.692	7.879
11	10-17 Maret	1.560.000	1.552.924	-7.076	6.840
12	17-24 Maret	1.298.000	1.296.340	-1.660	7.688
13	24 - 31 Maret	1.607.000	1.607.372	372	8.720
14	31 Mar - 7 April	1.350.000	1.349.916	-84	6.644
15	7 - 14 April	1.310.000	1.307.428	-2.572	10.269
16	14-21 April	1.280.000	1.277.372	-2.628	7.568
17	21-28 April	1.025.000	1.020.024	-4.976	4.662
18	28 April - 5 Mei	1.380.000	1.377.484	-2.516	7.992
19	5- 12 Mei	1.580.000	1.579.440	-560	8.401
20	12- 19 Mei	1.400.000	1.398.376	-1.624	10.468
21	19 -26 Mei	1.050.000	1.054.752	4.752	6.267
22	26 Mei -2 Juni	1.340.000	1.342.540	2.540	7.376
23	2-9 Juni	2.198.000	2.195.944	-2.056	14.166
24	9- 16 Juni	2.280.000	2.274.012	-5.988	15.436
25	16-23 Juni	1.936.000	1.934.764	-1.236	12.974
26	23-30 Juni	2.060.000	2.059.260	-740	11.804
	Total	36.255.000	36.233.004	-21.996	225.645
	Rata-rata	1.394.423	1.393.577	-846	8.679

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa, untuk produksi *packing* mulai dari tanggal 30 Desember 2012–30 Juni 2013 cenderung mengalami peningkatan. Namun disayangkan, tren naik dari produksi *packing* ini tidak diiringi dengan keberhasilan *Divisi Customer Packing* untuk memenuhi RTP ditiap minggunya. Terlebih lagi *broken pack* yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan jumlah produksi yang dihasilkan.

4.2. Pengolahan Data

4.2.1. Diagram Sebab Akibat dan *Root Cause Analysis*

Pengolahan data dimulai dengan pembuatan *fishbone diagram*, dapat dilihat pada lampiran 1. Berdasarkan *fishbone diagram*, dapat diketahui bahwa ada 5 kendala yang menjadi penyebab dari menurunnya jumlah *output* dan kualitas dari hasil *packing*. Kendala tersebut diklasifikasikan dari segi manusia, material, metode, mesin dan lingkungan. Setelah mendefinisikan penyebab dari masing-masing kendala pada cabang-cabang tulang ikan, kemudian peneliti membuat *Root Cause Analysis and Recommended Solution* untuk mencari akar penyebab masalah dan menyelesaikan masalah-masalah di atas agar memperoleh *output packing* yang berkualitas sesuai dengan jumlah yang ditargetkan perusahaan dari *fishbone diagram* tersebut yang disajikan pada Lampiran 2.

Berdasarkan Lampiran 2, maka dapat diketahui, bahwa penyebab terbesar dari permasalahan dari *Divisi Customer Packing* adalah dari segi mesin, yaitu mesin packing yang sering rusak dan kapasitas produksi mesin yang kecil. Kedua permasalahan yang berkaitan dengan mesin ini, memiliki bobot nilai LCRISE sebesar 24. Dengan demikian, solusi yang direkomendasikan dari permasalahan tersebut, adalah dengan melakukan pergantian mesin lama dengan yang baru, dan melakukan perawatan secara berkala terhadap mesin-mesin, yang diimplementasikan dalam bentuk rancangan jadwal perawatan mesin.

Bobot penilaian LCRISE menjelaskan analisis akar masalah dan solusi yang dinilai berdasarkan *leadership, competitiveness, relevance, internal management, sustainability dan efficiency*. Nilai tersebut diperoleh dari hasil brainstorming dan pengamatan langsung peneliti, yang mengacu pada skala pengukuran 0 sampai 4. LCRISE pada dasarnya merupakan teknik yang digunakan untuk menilai, apakah solusi yang diberikan sudah tepat dan dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah yang ada.

4.2.2. Pengambilan Keputusan dalam Memilih Mesin Baru dengan Metode *Fuzzy ME-MCDM*

Berdasarkan analisis akar masalah, diketahui bahwa solusi pertama yang direkomendasikan dalam meningkatkan produktivitas *Divisi Customer Packing* dari segi mesin, adalah dengan mengganti mesin yang lama dengan yang baru. Dengan berbagai macam tipe mesin yang ada saat ini, tentu diperlukan sebuah analisis yang baik, guna menentukan tipe mesin seperti apa yang paling dibutuhkan dalam upaya meningkatkan hasil *output* dan mengurangi *broken pack* dari kegiatan pengemasan. Alternatif-alternatif yang hendak dijadikan pilihan dalam melakukan pemilihan mesin baru adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Alternatif Mesin

Alternatif	Jenis Mesin
Alternatif 1	<i>Semiautomatic Vertical Weigher</i>
Alternatif 2	<i>Full Automatic Vertical Weigher</i>
Alternatif 3	<i>Semiautomatic Horizontal Weigher</i>
Alternatif 4	<i>Full Automatic Horizontal Weigher</i>

Tabel 3. Kriteria Dalam Memilih Alternatif

Kriteria	
Kriteria 1	Harga investasi mesin
Kriteria 2	Efektivitas mesin dilihat dari <i>speed dan capacity</i>
Kriteria 3	Kemudahan setting mesin
Kriteria 4	Kehandalan mesin
Kriteria 5	Kemudahan dalam mendapatkan <i>Spare part</i>
Kriteria 6	Variasi model kemasan yang dapat diproduksi

Tabel 4. Skala Penilaian Kriteria dan Alternatif

Skala Penilaian		
1	PR	Paling rendah
2	SR	Sangat rendah
3	R	Rendah
4	S	Sedang
5	T	Tinggi
6	ST	Sangat tinggi
7	P	Perfect / paling tinggi

Tabel 5. Tingkat Kepentingan Kriteria

Tingkat kepentingan kriteria	
Kriteria 1	ST
Kriteria 2	P
Kriteria 3	S
Kriteria 4	ST
Kriteria 5	T
Kriteria 6	R

Tabel 6. adalah hasil kriteria penilaian dari setiap pakar terhadap 4 alternatif dalam pembelian mesin *packing* baru. Adapun pakar yang terkait dalam penilaian adalah 4 orang *supervisor*, 2 orang *foreman* dan 1 orang Operator.

Tabel 6. Pendapat Pakar

Pakar	Alternatif	Kriteria penilaian					
		Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6
Pakar 1: Amin (Supervisor 1)	Ak1	T	T	T	T	S	S
	Ak2	ST	ST	ST	ST	ST	ST
	Ak3	T	P	P	T	T	T
	Ak4	ST	ST	T	T	T	T
Pakar 2: Dadi (Supervisor 2)	Ak1	S	S	S	S	T	T
	Ak2	P	P	ST	ST	ST	ST
	Ak3	T	ST	T	T	ST	S
	Ak4	ST	T	P	T	ST	T
Pakar 3: Lali (Supervisor 3)	Ak1	T	S	S	S	S	T
	Ak2	ST	P	P	P	ST	ST
	Ak3	T	T	T	ST	T	ST
	Ak4	T	T	T	T	ST	ST
Pakar: Aji (Supervisor 4)	Ak1	ST	T	S	ST	ST	T
	Ak2	P	P	ST	P	ST	ST
	Ak3	ST	ST	ST	T	T	ST
	Ak4	T	R	ST	S	R	S
Pakar 5 : Samsudin (Foreman)	Ak1	S	T	T	S	S	S
	Ak2	ST	P	ST	P	P	ST
	Ak3	T	ST	T	T	T	T
	Ak4	T	S	S	T	S	T

Tabel 6. Pendapat Pakar (Lanjutan)

Expert	Alternative	Scale Assessment					
		Criteria 1	Criteria 2	Criteria 3	Criteria 4	Criteria 5	Criteria 6
Expert: Jusmedi (Foreman)	Ak1	T	T	T	ST	S	S
	Ak2	ST	ST	T	T	T	T
	Ak3	T	P	T	P	S	T
	Ak4	T	ST	S	T	S	ST
Expert : Ote (Operator)	Ak1	T	T	S	T	S	T
	Ak2	ST	ST	P	ST	P	ST
	Ak3	T	T	ST	T	P	ST
	Ak4	ST	ST	T	T	S	ST

4.2.3. Perbandingan Agregasi Kriteria Ke Pakar

Perbandingan agregasi kriteria ke pakar diselesaikan dengan bantuan perangkat lunak Matlab.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan terhadap alternatif satu yaitu pembelian mesin bersistem *semiautomatic horizontal weigher*, dapat diketahui bahwa agregasi kriteria yang didapatkan adalah pakar 1, 2, 3, 4, 5, 7 memiliki pendapat yang sama yakni memberi penilaian Sedang (S). Berbeda dengan pendapat pakar 6 yang memberikan penilaian Tinggi (T). Sehingga hasil agregasi kriteria ke pakar pada alternatif satu, didapatkan hasil Sedang (S), yaitu ditandai dengan angka 4. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif satu yaitu membeli mesin dengan tipe *semiautomatic horizontal weigher* memiliki tingkat kepentingan yang sedang.

Untuk alternatif dua yaitu pembelian mesin bersistem *full automatic vertical weigher*, dapat diketahui bahwa agregasi kriteria yang didapatkan adalah pakar 1, 2, 3, 4, 5, 7 memiliki pendapat yang sama yakni memberi penilaian Sangat Tinggi (ST). Berbeda dengan pendapat pakar 6 yang memberikan penilaian Tinggi (T). Sehingga hasil agregasi kriteria ke pakar pada alternatif dua, didapatkan hasil Sangat Tinggi (ST), yaitu ditandai dengan angka 6. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif dua yaitu membeli mesin dengan tipe *full automatic vertical weigher* memiliki tingkat kepentingan yang sangat tinggi (ST), atau dengan kata lain sangat diharapkan untuk dibeli.

Untuk alternatif tiga yaitu pembelian mesin bersistem *semiautomatic horizontal weigher*, diketahui bahwa agregasi kriteria yang didapatkan adalah pakar 1, 2, 3, adalah Tinggi (T), sedangkan pakar 4 memberi nilai Rendah (R), dan pakar 5, 6, 7 memberi nilai Sedang (S). Sehingga hasil agregasi kriteria ke pakar pada alternatif tiga, didapatkan hasil Sedang (S), yaitu ditandai dengan angka 4. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif tiga yaitu membeli mesin dengan tipe *semiautomatic horizontal weigher* memiliki tingkat kepentingan yang sedang (S).

Untuk alternatif empat yaitu pembelian mesin bersistem *full automatic horizontal weigher*, dapat diketahui bahwa agregasi kriteria yang didapatkan adalah pakar 1, 2, 3, 4, 5, 7 memiliki pendapat yang sama yakni memberi penilaian Tinggi (T). Berbeda dengan pendapat pakar 6 yang memberikan penilaian Sedang (S). Sehingga hasil agregasi kriteria ke pakar pada alternatif dua, didapatkan hasil Tinggi (T), yaitu ditandai dengan angka 5. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif empat yaitu membeli mesin dengan tipe *full automatic horizontal weigher* memiliki tingkat kepentingan yang tinggi.

4.2.4. Verifikasi dan Validasi Model Algoritma ME-MCDM

Verifikasi dilakukan dengan melakukan perhitungan manual dengan Ms.Excel. Berdasarkan hasil perhitungan manual, hasil keempat alternatif yang diseleksi menurut keenam kriteria yang ada, diperoleh hasil bahwa alternatif 2 memiliki tingkat kepentingan yang sangat tinggi (ST), alternatif 4 memiliki tingkat kepentingan yang tinggi (T), dan alternatif 1 dan 3 memiliki tingkat kepentingan yang sedang (S). Hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan manual sama dengan hasil perhitungan algoritma pada *software Matlab*. Dengan demikian dapat dikatakan model algoritma yang dibuat untuk menyelesaikan pengambilan keputusan dengan metode *Fuzzy ME-MCDM* prosedur agregasi kriteria ke pakar telah terverifikasi dengan baik.

Setelah dilakukan verifikasi, kemudian dilakukan validasi model dengan tujuan untuk menentukan apakah model konseptual telah merefleksikan sistem nyata dengan tepat. Teknik validasi yang digunakan untuk menguji model algoritma diatas adalah dengan melakukan perbandingan *output* simulasi dengan sistem nyata. Teknik ini dilakukan karena mudah untuk dilakukan yakni hanya dengan membandingkan *output*

ukuran kinerja model simulasi dengan ukuran kinerja yang sesuai dengan sistem nyata. Pengujian dilakukan dengan uji *Goodness of Fit Test*, *Chi Square* pada software SPSS dan pertimbangan ahli (*expert judgement*) yang menyatakan bahwa algoritma pengambilan keputusan dengan metode *Fuzzy ME-MCDM* sesuai dengan sistem nyata yang terjadi di Divisi *Customer Packing*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa model algoritma *Fuzzy ME-MCDM* valid.

4.2.5. Analisis Produktivitas dan *Benefit Cost Ratio* Pembelian Mesin Baru

Mesin dengan sistem *full automatic vertical weigher* akan menggantikan mesin lama yang bersistem *semiautomatic vertical weigher*. Dengan dibelinya mesin *packing* baru ini diharapkan Divisi *Customer Packing* dapat beroperasi lebih maksimal. Hal ini dapat dilihat dengan perbedaan kapasitas dari mesin *full automatic vertical weigher* yaitu 60 *pack*/menit, sedangkan mesin lama dengan sistem *semiautomatic vertical weigher* hanya mampu menghasilkan 18 *pack*/menit. Perbedaan kapasitas mesin ini akan berdampak pada hasil akan dapat meningkatkan *output* produksi sebesar 53% dapat dilihat pada perhitungan berikut:

Dalam 1 menit = 60 *pack*/menit
Dalam 1 jam = 60 menit * 60 *pack*/menit
= 3600 *pack*/jam
Dalam 1 shift kerja = 8 jam * 3600 *pack*/jam
= 28.000 *pack*/ shift
Dalam 1 hari = 3 Shift * 28.000 *pack*/ shift
= 86.400 *pack*/ hari
Dalam 1 minggu = 7 hari * 86.400 *pack*/ hari
= 604.800 *pack*/ minggu

Divisi *Customer Packing* menggunakan 8 mesin dengan kapasitas yang sama maka dalam satu minggu Divisi *Customer Packing* dapat menghasilkan *output* tepung terigu sebanyak 4.838.400 *pack*.

Setelah mengetahui bahwa pembelian mesin baru akan meningkatkan *output* produksi *Customer Packing*, kemudian dilakukan analisis *benefit cost ratio* yang dilakukan dengan cara menghitung *annual worth* dari *benefit* dan *disbenefit* pembelian mesin dengan memperkirakan usia pakai mesin selama 15 tahun, dengan tingkat suku bunga bank sebesar 10%. Berikut ini adalah perhitungan analisis *benefit cost ratio*.

First cost: Rp. 144.000.000
Benefit : Rp. 43.200.000
Disbenefit: Rp. 12.000.000
Cost per tahun:
= Rp. 144.000.000 (A/P, 10%, 15)
= Rp. 144.000.000 (0,13147)
= Rp. 18.931.680
B/C = *Benefit - Disbenefit / Cost*
= 25.920.000 - 12.000.000/ 18.931.680
= 1,65

Berdasarkan nilai B/C di atas maka dapat diketahui bahwa investasi pembelian mesin baru dengan sistem *full automatic vertical weigher* layak atau menguntungkan karena memiliki nilai $B/C > 1$: Rp 144.000.000 = 1,65.

4.2.6. Rancangan Jadwal Perawatan Mesin

Penentuan mesin kritis akan disesuaikan dengan tipe dari mesin yang digunakan dalam proses pengemasan tepung terigu di Divisi *Customer Packing*. Divisi *Customer Packing* memiliki 8 mesin yang terdiri dari 4 mesin dengan sistem *full automatic vertical weigher* yang terletak pada *line conveyor* 1 dan 4 mesin dengan sistem *semiautomatic vertical weigher* yang terletak pada *line conveyor* 2. Tabel 7 menyajikan frekuensi dari masing-masing mesin yang mengalami kerusakan pada *line conveyor* 1.

Tabel 7. Frekuensi Kerusakan Mesin *Full Automatic Vertical Weigher*

Mesin	Frekuensi Mesin Rusak	% Mesin Rusak	% Frekuensi Kumulatif
201	10	50%	50%
204	6	30%	80%
203	2	10%	90%
202	2	10%	100%
total	20		

Dari hasil keempat mesin tersebut, hanya mesin 201 dan 204 yang akan dijadikan fokus dalam mencari nilai MTTF. Hal ini berdasarkan keseluruhan presentasi kumulatif masalah kerusakan mesin yang terjadi terhadap kedua mesin tersebut, mencapai 80% dari total frekuensi kerusakan yang terjadi.

Tabel 8. Frekuensi Kerusakan Mesin *Semiautomatic Vertical Weigher*

Mesin	Frekuensi Mesin Rusak	% Mesin Rusak	% Frekuensi Kumulatif
207	18	40%	40%
206	15	33%	73%
208	7	16%	89%
205	5	11%	100%
total	45		

Dari hasil keempat mesin tersebut, mesin 207, 206 dan 208 akan dijadikan fokus dalam mencari nilai MTTF. Hal ini berdasarkan keseluruhan presentasi kumulatif masalah kerusakan mesin yang terjadi terhadap kedua mesin tersebut, mencapai lebih dari 80% dari total frekuensi kerusakan yang terjadi.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan *software* Minitab, dapat diketahui bahwa nilai r yang terbesar pada data kerusakan mesin 204, 207, 206 dan 208 adalah pola distribusi Lognormal. Sedangkan untuk data kerusakan mesin 201, nilai r terbesar adalah pola distribusi *Weibull*. Karena nilai r hanya merupakan nilai korelasi yang menunjukkan kecenderungan suatu data, untuk itu perlu dilakukan pengujian hipotesa lebih lanjut dengan tujuan untuk meyakinkan bahwa distribusi dari masing-masing mesin adalah pola distribusi yang tepat. Pengujian lebih lanjut ini, adalah dengan melakukan uji *Goodness of Fit*.

Berdasarkan hasil pengujian *Goodness of Fit* memiliki hasil distribusi yang sama dengan pengujian nilai r , yaitu kerusakan mesin 207, 206 dan 208 terdistribusi secara Lognormal. Sedangkan untuk data kerusakan mesin 201, terdistribusi secara *Weibull*.

Jadwal perawatan mesin, dibuat berdasarkan nilai MTTF yang diperoleh dari kelima mesin yang paling sering mengalami kerusakan.

Tabel 9. Ringkasan Waktu Perawatan Mesin

Nama Mesin	Jenis Mesin	Nilai MTTF (Jam)	Waktu Perawatan (Hari)
Mesin 201	<i>Full Automatic</i>	300,15	13
Mesin 204	<i>Vertical Weigher</i>	729,583	30
Mesin 207	<i>Semiautomatic Vertical Weigher</i>	287,393	12
Mesin 206		331,354	14
Mesin 208		282,67	12

4.2.7 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Perhitungan nilai OEE ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan efektivitas dan efisiensi mesin sebelum dilakukan penjadwalan perawatan dan setelah dilakukan penjadwalan.

Tabel 10. Nilai OEE Sebelum Dilakukan Penjadwalan Perawatan Mesin

Perhitungan Nilai OEE	Waktu (Menit)	Waktu (Menit)
Jumlah waktu dalam 1 hari		1440
Waktu istirahat	180	
Perawatan pecegahan	-	
Waktu tunggu ketika tidak ada <i>order</i>	60	
Perkiraan waktu pemadaman		240
Waktu Produksi yang dijadwalkan		1200
<i>Breakdown</i>	180	
Penggantian/Pengaturan/Penyesuaian	30	
Penggantian Peralatan/Pemeriksaan	20	
Menunggu operator /material	10	
Waktu penurunan yang tidak terjadwalkan		240
Waktu operasi yang tersedia		960
Efisiensi yang tersedia dari peralatan		80%
Jumlah total <i>output</i>		40607
<i>Ideal cycle time</i>		0,036
Performansi		153%
Jumlah produk <i>reject</i>		15436
Efisiensi kualitas pada peralatan		62%
Overall Equipment Effectiveness (OEE)		76%

Tabel 11. Nilai OEE Setelah Dilakukan Penjadwalan Perawatan Mesin

Perhitungan Nilai OEE	Waktu (Menit)	Waktu (Menit)
Jumlah waktu dalam 1 hari		1440
Waktu istirahat	180	
Perawatan pecegahan	120	
Waktu tunggu ketika tidak ada <i>order</i>	60	
Perkiraan waktu pemadaman		360
Waktu Produksi yang dijadwalkan		1080
<i>Breakdown</i>	120	
Penggantian/Pengaturan/Penyesuaian	20	
Penggantian Peralatan/Pemeriksaan	20	
Menunggu operator /material	10	
Waktu penurunan yang tidak terjadwalkan		170
Waktu operasi yang tersedia		910
Efisiensi yang tersedia dari peralatan		84%
Jumlah total <i>output</i>		64971
<i>Ideal cycle time</i>		0,017
Performansi		119%
Jumlah produk <i>reject</i>		8679
Efisiensi kualitas pada peralatan		87%
Overall Equipment Effectiveness (OEE)		87%

Berdasarkan nilai OEE di atas, maka dapat diketahui standar *benchmark world class* dari kegiatan pengemasan dari mesin yang digunakan pada Divisi *Customer Packing*. Menurut *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yang di kutip dari situs *www.leanproduction.com*, nilai OEE 76% digolongkan sebagai tingkat efisiensi mesin yang terbilang wajar, akan tetapi menunjukkan terdapat ruang yang besar untuk *improvement* sampai nilai OEE mencapai 85%. Setelah dilakukan penjadwalan perawatan mesin, nilai OEE meningkat 11% dari sebelumnya, menjadi 87%, sehingga digolongkan efektivitas dan efisiensi mesin dianggap kelas dunia. Dengan peningkatan efisiensi mesin tersebut, menandakan bahwa untuk menjaga produktivitas jangka panjang pembelian mesin baru, maka perlu diiringi dengan perawatan mesin-mesin sesuai usulan sudah dijadwalkan

V. KESIMPULAN

Berikut ini adalah kesimpulan yang didapatkan peneliti:

1. Berdasarkan analisis dengan menggunakan *fishbone diagram* dan *Root Cause Analysis*, maka dapat disimpulkan penyebab dari menurunnya produktivitas Divisi *Customer Packing*, adalah mesin yang sering rusak, serta kapasitas dan kecepatan produksi yang kecil. Solusi yang direkomendasikan untuk mengatasi permasalahan di atas, adalah dengan melakukan pembelian mesin baru dan melakukan perawatan rutin untuk mesin-mesin yang ada dengan cara merancang jadwal perbaikan mesin secara berkala.
2. Berdasarkan hasil pengambilan keputusan dengan algoritma *Fuzzy ME-MCDM* pada software Matlab, maka dapat disimpulkan bahwa mesin lama yang bersistem *semiautomatic vertical weigher* akan diganti dengan mesin baru yang bersistem *full automatic vertical weigher* dengan tingkat kepentingan yang menunjukkan hasil sangat tinggi (ST). Dengan pembelian mesin baru tersebut Divisi *Customer Packing* dapat meningkatkan produktivitas sebesar 53%, dengan *output* tepung terigu sebanyak 4.838.400 *pack*/Minggu.
3. Berdasarkan analisis *Benefit Cost Ratio* pengambilan keputusan pembelian mesin baru dengan sistem *full automatic vertical weigher* dinyatakan layak karena memiliki nilai $B/C > 1$ yaitu 1,65.
4. Rancangan yang diusulkan untuk meningkatkan produktivitas jangka panjang adalah dengan pembuatan jadwal perawatan mesin baru dengan mengikuti pola perawatan dari mesin *full automatic vertical weigher* 201 dan 204 yang memerlukan waktu perawatan setiap 13 dan 30 hari sekali. Dengan adanya penjadwalan perawatan mesin tersebut, diharapkan nilai efisiensi mesin *packing* akan meningkat 11% yang ditandai dengan nilai OEE sebesar 87%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Al Azhar Indonesia (LP2M UAI) yang telah mendanai kegiatan publikasi karya ilmiah ini dalam Hibah Pendanaan *Domestic Seminar Grant* 2014-2015.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amran, Tiena.G., Ekadeputra, Ponti. (2010). "*Pengukuran Kepuasan Pelanggan Menggunakan Metode Kano Dan Root Cause Analysis (Studi Kasus PLN Tangerang)*", ISSN:1411-6340.
2. Anderson, T.W. dan D.A. Darling (1952) "*Asymptotic theory of certain 'goodness of fit' criteria based on stochastic process*", *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 23, pp. 193-212.

3. Triwulandari. (2012). <http://blog.trisakti.ac.id/triwulandarisd/2012/01/04/root-cause-analysis/> Diakses pada 1 Desember 2013 pukul 12.30 WIB
4. Away, A. (2010). *Matlab Programming*. Bandung: Informatika Bandung.
5. Budiwati, S.I. (1985). *Aplikasi Model Perilaku pada Peningkatan Produktivitas Tenaga Kerja Industri*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id>, diakses pada 10 November 2013 pukul: 21.45 WIB
6. Ebeling, Charles E. (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw Hill, Singapore, Ltd.
7. Gaspersz, V. (2000). *Manajemen Produktivitas Total*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
8. Gunawan, Rikky. (2009). *Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Departemen Maintenance PT. Dian Swastatika Sentosa*. Tugas Akhir. Jakarta : Binus Jurusan Sistem Informasi dan Teknik Industri
9. Jing GG. (2008). *Digging for the Root Cause*. *ASQ Six Sigma Forum Magazine* 7 (3) : 19 – 24.
10. Marimin. (2004). *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Jakarta: Grasindo.
11. Nurhasanah, Nunung., Januwar, Duffi. (2008). "Pengambilan Keputusan Dengan Pendekatan Non-Numerical Multi Expert-Multi Criteria Dalam Penanganan Kecacatan Produksi Tube Pada PT. Bona Metal Packaging". ISSN 1411-6340 Juli 2012, Vol.2 No 2 Hal 101-109 .
12. Tangen,S.(2004). *Evaluation and revision of performance measurement systems*. (Doctoral dissertation, KTH, Production Engineering,
13. Stockholm, Sweden), Available from Industriell produktion. (Trita-IIP No. 04:14) <http://fuckti06.blogspot.com/2011/08/overall-equipment-effectiveness-oe.html> , diakses pada 15 November 2013 pukul: 15.45 WIB
14. Turban E. (1990). *Decision Support Systems and Expert Systems*. New Jersey: Prentice Hall. Englewood Cliffs.
15. Umar, Husein. 2005. *Riset SDM Dalam Organisasi*. Edisi Revisi Jakarta : PT.Gramedia Pustaka Utama.
16. Yager, R. R., (1993). "Non-Numeric Multi-Criteria Multi-Person Decision Making", *International Journal of Group Decision Making and Negotiation* 2, 81-93.
17. Zuldin Fitrianto. 2004. *Cepat Mahir Matlab*, <http://www.slideshare.net/Fisika56/modul-belajar-matlab>, diakses pada 15 November 2013 pukul: 15.45 WIB.