



Penilaian kemampuan teknologi pengolahan sampah kertas menggunakan teknometrik dan *analytical hierarchy process* (AHP)

Shanti Kirana Anggraeni*, Nuraida Wahyuni, Bernard Christoper Sutjadi

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Sudirman KM 3, Cilegon 42435, Banten, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:

Kemampuan teknologi
Teknometrik
AHP
Sampah kertas

ABSTRACT

PT. XYZ merupakan perusahaan yang mengelola sampah kertas sebagai pemasok bagi pabrik kertas. Pihak manajemen ingin memaksimalkan teknologi yang dimilikinya dengan terlebih dahulu melakukan penilaian kemampuan teknologi pada perusahaan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan teknometrik dan metode *Analytical Hierarchy Process*. Hasil penelitian menunjukkan kontribusi komponen *technoware*, *humanware*, *infoware* dan *orgaware* secara berturut-turut yaitu, 0.76, 0.62, 0.61 dan 0.72. Adapun intensitas kontribusi komponen teknologi secara berturut-turut yaitu 0.32, 0.08, 0.11 dan 0.49, sehingga didapatkan nilai koefisien kontribusi teknologi sebesar 0.713 yang menandakan bahwa PT. XYZ tergolong kedalam perusahaan dengan kemampuan teknologi sangat baik. Meskipun telah tergolong sangat baik namun perusahaan tetap perlu melakukan perbaikan pada komponen yang memiliki kontribusi rendah yaitu komponen *humanware* dan *infoware*. Adapun rekomendasi yang diberikan yaitu mengadakan pelatihan bagi para karyawan dan menyediakan informasi mengenai cara perbaikan mesin dan alat-alat yang digunakan.

1. Pendahuluan

Teknologi sangat penting bagi manusia karena dapat memudahkan segala aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Peranan teknologi tidak kalah penting bagi keberlangsungan suatu perusahaan [1], [2]. Keberhasilan suatu perusahaan didukung oleh bagaimana perusahaan tersebut mengelola teknologi yang dimilikinya [3]. Namun saat ini tidak banyak perusahaan yang telah melakukan penilaian teknologi sehingga perusahaan memiliki daya saing yang rendah terhadap perusahaan-perusahaan sejenis [4], [5], [6].

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan sampah kertas (*waste paper*) dengan membeli kardus bekas pakai dari pengepul yang kemudian dilakukan proses kompresi agar dapat dijual dengan volume dan harga yang tinggi. Perusahaan ini menjadi pemasok bahan baku bagi pabrik-pabrik kertas, salah satunya PT Indah Kiat Pulp and Paper Tbk. Di masa sulit seperti ini pihak manajemen perusahaan terus melakukan berbagai macam usaha agar perusahaan dapat bertahan bahkan terus berkembang. Manajemen perusahaan ingin memaksimalkan teknologi yang dimilikinya dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran tingkat teknologi perusahaan.

Pada penelitian ini, pengukuran tingkat teknologi perusahaan dilakukan dengan menggunakan metode teknometrik. Metode teknometrik merupakan cara yang digunakan untuk mengetahui klasifikasi teknologi yang diterapkan dengan membaginya menjadi 4 komponen yaitu *technoware*, *humanware*, *infoware* dan *organware* [7], [8]. Komponen-komponen ini saling terintegrasi satu sama lain, yang kemudian dikalkulasikan sehingga dapat diketahui tingkat teknologi yang dimiliki oleh perusahaan PT XYZ. Kontribusi komponen dapat diketahui melakukan perhitungan

menggunakan derajat kecanggihan dan penilaian *state of the art* dari keempat komponen teknologi di perusahaan. Selain itu, dibutuhkan pengukuran tingkat kepentingan dari masing-masing komponen teknologi agar dapat mengetahui intensitas kontribusi komponen yang ada dan menyelesaikan proses pengukuran tingkat teknologi. Pada penelitian kali ini, metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan pada proses pengukuran tingkat kepentingan. Metode AHP merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan kompleks dengan data dan informasi statistik yang tersedia [9].

Setelah menyelesaikan seluruh perhitungan menggunakan metode teknometrik perusahaan dapat mengetahui kondisi teknologi yang terdapat di perusahaan saat ini. Perusahaan dapat melakukan perbaikan pada komponen teknologi yang memiliki kontribusi rendah dan dapat mengetahui rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan.

2. Material dan metode

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang berlokasi di Kota Tangerang. Metode yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu pendekatan Teknometrik dan metode *Analytical Hierarchy Process*. Metode teknometrik merupakan cara yang digunakan untuk mengukur nilai kontribusi dari aspek-aspek teknologi. Terdapat empat aspek teknologi yaitu *technoware*, *humanware*, *infoware* dan *orgaware* [10], [11]. AHP merupakan metode yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks atau tidak berkerangka dengan data dan informasi statistik yang tersedia [12], [13].

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut: 1. Observasi lapangan dan studi literatur; 2. Pengumpulan data: a. Wawancara, b. Pengisian kuesioner; 3.

* Corresponding author.

Email: s.kirana291@gmail.com

Received: 14 March 2022; Revision: 24 May 2022;

Accepted: 25 May 2022; Available online: 12 June 2022

<http://dx.doi.org/10.36055/jiss.v8i1.14450>



Pengolahan data: a. Estimasi derajat kecanggihan, b. Penentuan State Of the Art, c. Perhitungan kontribusi komponen, d. Penentuan intensitas kontribusi komponen menggunakan metode AHP, e. Perhitungan koefisien kontribusi teknologi (TCC); 4. Analisa dan pembahasan; 5. Rekomendasi perbaikan.

Observasi dilakukan untuk mengetahui teknologi yang terdapat di perusahaan. Berdasarkan hasil observasi, ditentukan estimasi derajat kecanggihan masing-masing komponen teknologi. Setiap komponen teknologi diberi nilai tepi bawah dan tepi atas yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tahapan selanjutnya yaitu penilaian state of the art setiap

komponen teknologi dengan kriteria yang disajikan pada Tabel 2. Perhitungan *state of the art* diperoleh berdasarkan persamaan (1).

$$S = \frac{1}{10} \left[\frac{\sum k tk}{kt} \right] \tag{1}$$

di mana S merupakan komponen teknologi (*technoware*, *humanware*, *inforeware* dan *orgaware*), *kt* adalah jumlah kriteria komponen, dan *tk* merupakan nilai kriteria ke-*k* dari komponen teknologi.

Tabel 1.
Derajat kecanggihan

No	Technoware	Humanware	Inforeware	Orgaware	Skor
1	Dikerjakan secara manual	Hanya dapat mengoperasikan perangkat lunak	Kemampuan penyediaan, pengolahan informasi, dan data umum	Organisasi yang kecil belum mengenal kerjasama dan memiliki sistem manajemen baku	1, 2, 3
2	Dikerjakan dengan bantuan peralatan elektrik/mekanik	Mengoperasikan dan menginstalasi alat/perangkat lunak	Kemampuan penyediaan, pengolahan informasi, dan data teknis	Organisasi yang mulai menjalin kerjasama dan memiliki sistem manajemen yang sederhana	2, 3, 4
3	Pengerjaan dengan mesin untuk tugas umum	Mampu mengatasi masalah operasional	Kemampuan menyeleksi, mengelola informasi data umum dan teknis	Organisasi yang mulai menjalin kerjasama dan mulai memiliki sistem manajemen baku	3, 4, 5
4	Pengerjaan dengan mesin untuk tugas khusus	Mampu melakukan <i>maintenance</i>	Kemampuan penyediaan dan pengolahan informasi untuk peningkatan, efektifitas, dan efisiensi	Organisasi yang memiliki jaringan kerjasama dan mulai memiliki sistem manajemen yang baku	4, 5, 6
5	Dikerjakan secara otomatis	Memperbaiki alat yang rusak	Kemampuan penyediaan pengolahan informasi dan data untuk peningkatan pengetahuan	Organisasi yang memiliki jaringan kerjasama yang terus berkembang dan kemampuan bersaing serta kemampuan dalam peningkatan pangsa pasar dan kualitas	5, 6, 7
6	Dikerjakan secara terkomputerisasi	Mampu memodifikasi alat	Kemampuan penyediaan dan pengolahan informasi dan data untuk perbaikan atau modifikasi	Organisasi yang memiliki jaringan kerjasama yang terus berkembang dan kemampuan bersaing serta kemampuan untuk perluasan pasar baru	6, 7, 8
7	Dikerjakan secara terintegrasi	Mampu membuat alat baru	Kemampuan penyediaan dan pengolahan informasi dan data untuk penggunaan spesifik/inovasi	Organisasi yang memiliki jaringan kerjasama yang terus berkembang dan kemampuan bersaing serta menjadi leader produk tertentu	7, 8, 9

Tabel 2.
Kriteria penilaian setiap komponen teknologi

Komponen	Elemen	Kriteria Penilaian
<i>Technoware</i>	Timbangan	Tipe mesin yang digunakan Hasil yang diperoleh
	Bongkaran	Tipe mesin yang digunakan Hasil yang diperoleh
	Struk Bayar	Tipe mesin yang digunakan Hasil yang diperoleh
	Press Barang	Tipe mesin yang digunakan Hasil yang diperoleh
<i>Humanware</i>	Operator Mesin	Kreativitas Tanggung jawab Kemampuan bekerja sama
	Bagian Pembayaran	Kreativitas Tanggung jawab Kemampuan bekerja sama
<i>Inforeware</i>	Informasi tentang mesin	Informasi mengenai permesinan Informasi mengenai pengoperasian mesin Informasi perawatan mesin
<i>Orgaware</i>	Fasilitas Kerja	Pengembangan keahlian Penggunaan alat pelindung diri
	Evaluasi Pekerjaan	Mekanisme penjaminan kualitas Mekanisme pengendalian biaya
	Hubungan Pihak Luar	Hubungan dengan supplier Hubungan dengan pelanggan

Setelah memperoleh nilai derajat kecanggihan dan nilai kriteria setiap komponen *state of the art*, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai kontribusi teknologi dengan persamaan (2).

$$K = \frac{1}{9} [L+S (U-L)] \tag{2}$$

di mana K merupakan kontribusi komponen, L adalah nilai batas bawah derajat kecanggihan komponen, U adalah nilai batas atas derajat kecanggihan komponen, dan S adalah nilai *state of the art*.

Penilaian intensitas kontribusi komponen teknologi dilakukan dengan metode AHP dimana terdapat dua responden yang terlibat. Perhitungan menggunakan metode AHP hanya sampai pada level kriteria dan tidak sampai pada level sub kriteria. Selanjutnya perhitungan koefisien kontribusi teknologi diperoleh melalui persamaan (3).

$$TCC = T^{\beta t} \times H^{\beta h} \times I^{\beta i} \times O^{\beta o} \tag{3}$$

di mana TCC adalah *Technology Contribution Coefficient*, βt adalah nilai intensitas kontribusi *technoware*, βh adalah nilai intensitas kontribusi *humanware*, βi adalah nilai intensitas kontribusi *inforeware*, βo adalah nilai intensitas kontribusi *orgaware*, T adalah nilai kontribusi komponen *technoware*, H adalah nilai kontribusi komponen *humanware*, I adalah nilai kontribusi komponen *inforeware*, dan O adalah nilai kontribusi komponen *orgaware*.

Tabel 3.
Penilaian kualitatif TCC

Nilai TCC	Klasifikasi
0 < TCC ≤ 0,1	Sangat Rendah
0,1 < TCC ≤ 0,3	Rendah
0,3 < TCC ≤ 0,5	Wajar
0,5 < TCC ≤ 0,7	Baik
0,7 < TCC ≤ 0,9	Sangat Baik
0,9 < TCC ≤ 1	Kecanggihan mutakhir

Nilai TCC yang diperoleh dapat dikategorikan berdasarkan penilaian kualitatif yang dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah mendapatkan nilai TCC maka dapat diketahui klasifikasi kondisi teknologi perusahaan saat ini. Menurut keadaan terakhir tersebut dilakukan analisa dan pembahasan untuk diberikan rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan oleh perusahaan.

Tabel 4.
Hasil estimasi derajat kecanggihan

Komponen	Elemen Komponen	Degrees of Shopistication		Keterangan
		L	U	
Technoware	Timbangan	7	9	Timbangan berupa timbangan mobil kapasitas 60 ton yang terintegrasi dengan komputer.
	Bongkaran	4	6	Proses pembongkaran barang dilakukan menggunakan forklift dan wheel loader.
	Struk Bayar	6	8	Proses pencetakan pembayaran menggunakan printer.
	Press Barang	4	6	Proses press barang dilakukan menggunakan mesin press hidrolik.
Humanware	Operator Mesin	4	6	Operator mesin mampu mengoperasikan alat berat serta mesin press namun kesulitan bila terdapat kendala pada alat dan mesin tersebut.
	Bagian Pembayaran	4	6	Bagian pembayaran dapat melakukan proses pembayaran dengan teliti dan menguasai komputer yang terhubung dengan timbangan mobil.
Inforeware	Informasi tentang mesin	4	6	Tersedianya informasi mengenai SOP dan data kapasitas mesin.
	Fasilitas Kerja	5	7	Para pekerja selalu diberikan pelatihan dalam menggunakan alat berat dan mesin namun sangat minim dalam penggunaan alat pelindung diri.
Orgaware	Evaluasi Pekerjaan	5	7	Perusahaan melakukan evaluasi terhadap kualitas serta biaya yang diperlukan.
	Hubungan Pihak Luar	5	7	Perusahaan mampu menjalin hubungan supplier serta konsumen.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Estimasi derajat kecanggihan

Estimasi derajat kecanggihan yang dilakukan saat observasi lapangan dapat dilihat pada Tabel 4. Pada komponen teknologi *technoware*, kriteria bongkaran dan press barang memiliki derajat kecanggihan terendah yaitu sebesar 4 dan kriteria timbangan memiliki derajat kecanggihan tertinggi yaitu sebesar 9. Proses timbangan sudah menggunakan jembatan timbang dengan kapasitas 60 ton dan terintegrasi dengan komputer, proses bongkaran menggunakan forklift dan wheel loader sehingga dapat dilakukan dengan sangat cepat, proses struk bayar menggunakan printer sehingga pembuatan bukti pembayaran sangat minim kesalahan dan proses press barang dilakukan dengan mesin press sehingga barang yang disimpan pada gudang dapat tertata rapih dan tidak memakan banyak tempat.

Estimasi derajat kecanggihan yang dilakukan saat observasi lapangan dapat dilihat pada Tabel 4. Pada komponen teknologi *technoware*, kriteria bongkaran dan press barang memiliki derajat kecanggihan terendah yaitu sebesar 4 dan kriteria timbangan memiliki derajat kecanggihan tertinggi yaitu sebesar 9. Proses timbangan sudah menggunakan jembatan timbang dengan kapasitas 60ton dan terintegrasi dengan komputer, proses bongkaran menggunakan forklift dan wheel loader sehingga dapat dilakukan dengan sangat cepat, proses struk bayar menggunakan printer sehingga pembuatan bukti pembayaran sangat minim kesalahan dan proses press barang dilakukan dengan mesin press sehingga barang yang disimpan pada gudang dapat tertata rapih dan tidak memakan banyak tempat.

Komponen teknologi *inforeware* memiliki nilai derajat kecanggihan 4 untuk lower limit dan 6 untuk upper limit. Derajat kecanggihan pada komponen teknologi *inforeware* didapat karena perusahaan mampu menyediakan informasi mengenai SOP dan data kapasitas dari mesin. Pada komponen teknologi *orgaware* masing-masing kriteria mendapatkan nilai *lower limit* dan *upper limit* yang sama yaitu sebesar 5 dan 7. Pada elemen komponen fasilitas kerja perusahaan memberikan pelatihan pada para pekerja untuk menggunakan alat dan mesin namun perusahaan memiliki keterbatasan dalam penyediaan alat pelindung diri. Pada elemen komponen evaluasi pekerjaan perusahaan melakukan evaluasi pada hasil kualitas barang dan biaya-biaya yang dikeluarkan perusahaan. Dan pada elemen komponen hubungan pihak luar, perusahaan mampu menjalin hubungan kepada para supplier dan para konsumen.

Tabel 5.
Hasil penentuan *state of the art*

Komponen	Elemen Komponen	Kriteria Penilaian	Nilai	State Of the Art
<i>Technoware</i>	Timbangan	Tipe mesin yang digunakan	8	0.83
		Hasil yang diperoleh	8.5	
	Bongkaran	Tipe mesin yang digunakan	7.5	0.78
		Hasil yang diperoleh	8	
	Struk Bayar	Tipe mesin yang digunakan	7.5	0.75
Press Barang		Hasil yang diperoleh	7.5	0.80
		Tipe mesin yang digunakan	8	
<i>Humanware</i>	Operator Mesin	Kreativitas	7.5	0.77
		Tanggung jawab	7.5	
		Kemampuan bekerja sama	8	
	Bagian Pembayaran	Kreativitas	7.5	0.80
		Tanggung jawab	8	
<i>Infoware</i>	Informasi tentang mesin	Kemampuan bekerja sama	8.5	0.77
		Informasi mengenai permesinan	8	
		Infomasi mengenai pengoperasian mesin	7.5	
<i>Orgaware</i>	Fasilitas Kerja	Informasi perawatan mesin	7.5	0.65
		Pengembangan keahlian	7.5	
	Evaluasi Pekerjaan	Penggunaan alat pelindung diri	5.5	0.80
		Mekanisme penjaminan kualitas	8.5	
		Mekanisme pengendalian biaya	7.5	
	Hubungan Pihak Luar	Hubungan dengan supplier	8	0.83
Hubungan dengan pelanggan		8.5		

Tabel 6.
Hasil perhitungan kontribusi komponen

Komponen	Elemen Komponen	<i>Degrees of Shopistication</i>		<i>State of the Art</i>	Kontribusi	Rata-rata kontribusi
		<i>Lower Limit</i>	<i>Upper Limit</i>			
<i>Technoware</i>	Timbangan	7	9	0.83	0.96	0.76
	Bongkaran	4	6	0.78	0.62	
	Struk Bayar	6	8	0.75	0.83	
	Press Barang	4	6	0.80	0.62	
<i>Humanware</i>	Operator Mesin	4	6	0.77	0.61	0.62
	Bagian Pembayaran	4	6	0.80	0.62	
<i>Infoware</i>	Informasi tentang mesin	4	6	0.77	0.61	0.61
	Fasilitas Kerja	5	7	0.65	0.70	
<i>Orgaware</i>	Evaluasi Pekerjaan	5	7	0.80	0.73	0.72
	Hubungan Pihak Luar	5	7	0.83	0.74	

3.2. Penentuan *state of the art*

Hasil penentuan *state of the art* setiap komponen teknologi dapat dilihat pada Tabel 5. Untuk mendapatkan nilai *state of the art* dari setiap kriteria, dilakukan penjumlahan dari kriteria yang terdapat pada satu elemen komponen dan kemudian dibagi sejumlah kriteria tersebut, lalu yang terakhir dibagi dengan 10. Nilai *state of the art* tertinggi terdapat pada elemen komponen timbangan dari komponen *technoware* dan elemen komponen hubungan pihak luar dari komponen *orgaware* dengan masing-masing nilai *state of the art* sebesar 0,83.

3.3. Perhitungan kontribusi komponen

Perhitungan kontribusi komponen pada Tabel 6 menyajikan nilai kontribusi dari setiap komponen teknologi yang ada. Dengan melakukan perhitungan kontribusi komponen, maka dapat diketahui komponen teknologi yang memerlukan peningkatan atau perbaikan [14]. Tujuan dilakukannya peningkatan terhadap komponen teknologi tersebut agar tingkat kemampuan teknologi keseluruhan yang dimiliki oleh perusahaan semakin meningkat dan memiliki daya saing terhadap kompetitor. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai kontribusi tertinggi yaitu komponen *technoware* dengan nilai sebesar 0,76 dan kontribusi

terendah yaitu komponen *infoware* dengan nilai sebesar 0,61. Selain itu juga terdapat komponen *humanware* dengan nilai sebesar 0,62 dan komponen *orgaware* dengan nilai sebesar 0,72.

Pada komponen *technoware* perusahaan menggunakan jembatan timbang atau timbangan mobil untuk melakukan proses timbang masuk dan timbang keluar, timbangan mobil dioperasikan secara semi otomatis dan terhubung dengan sistem komputer pada bagian pembayaran. Penggunaan jembatan timbang dapat menghemat proses penimbangan barang jika dibandingkan dengan menimbang berat barang secara manual. Selain itu, perusahaan menggunakan *forklift* dan *wheel loader* pada proses bongkar muat barang. Penggunaan alat berat ini disesuaikan dengan jumlah barang yang dikirim oleh pelanggan, apabila cukup banyak maka digunakan *forklift* jika tidak maka akan dilakukan pembongkaran secara manual, hal ini dilakukan agar dapat melakukan penghematan biaya bahan bakar *forklift* dan *wheel loader*. Perusahaan juga menggunakan mesin press pada proses press barang. Mesin ini berfungsi untuk memadatkan barang atau kardus yang dibeli dari pelanggan sehingga barang menjadi berbentuk bal dan dapat menghemat ruang serta memaksimalkan berat barang jika akan dimuat kedalam truk pengiriman. Oleh karena itu komponen *technoware* memiliki kontribusi sebesar 0,76.

Pada komponen *humanware* operator mesin dan bagian pembayaran mampu melakukan kerja sama yang baik, operator

dapat mengendalikan *forklift* dan *wheel loader*, mengoperasikan mesin press hingga mengoperasikan timbangan mobil. Namun apabila terdapat mesin yang rusak, operator belum mampu untuk melakukan proses perbaikan karena belum memiliki kemampuan dalam bidang perbaikan. Sehingga berdasarkan perhitungan yang dilakukan, komponen *humanware* memiliki nilai kontribusi sebesar 0,62.

Pada komponen *infoware* perusahaan mampu menyediakan informasi mengenai mesin dan cara pengoperasiannya. Perusahaan mampu menjelaskan informasi secara spesifik kepada para operator seperti, kapasitas jembatan timbang atau timbangan mobil yaitu 60 ton dan kemampuan mesin press yaitu 37 kW. Oleh karena itu komponen *infoware* memiliki nilai kontribusi sebesar 0,61.

Pada komponen *orgaware* perusahaan selalu menjalin hubungan yang baik dengan pelanggan, dengan cara memberikan kasbon kepada para pelanggan agar pelanggan lebih sering melakukan pengiriman barang kepada PT. XYZ. Selain itu perusahaan terus melakukan pemeriksaan barang pada setiap pelanggan yang melakukan pengiriman, dan perusahaan melakukan pemeriksaan pada proses bongkar muat I. Sehingga perusahaan memperoleh nilai kontribusi komponen *orgaware* sebesar 0,72.

3.4. Penentuan intensitas kontribusi komponen

Metode AHP dipilih dalam penentuan intensitas kontribusi komponen pada penelitian kali ini. Hasil intensitas kontribusi komponen dapat diketahui setelah dilakukan perhitungan perbandingan berpasangan dan uji konsistensi hasil perbandingan berpasangan pada Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9. Perhitungan perbandingan berpasangan pada penelitian ini dilakukan dengan dua responden yang memiliki pengetahuan secara menyeluruh terhadap perusahaan. Karena penilaian dilakukan oleh lebih dari satu responden, maka perlu dilakukan perataan jawaban responden dengan metode *geometric mean*. Tahap selanjutnya dilakukan perbandingan berpasangan.

Komponen yang dibandingkan dengan komponen itu sendiri memiliki nilai 1. Lalu untuk komponen yang terdapat pada *geometric mean* memiliki nilainya sendiri sesuai perhitungan *geometric mean*, sedangkan untuk perbandingan komponen yang berkebalikan memiliki nilai kebalikan dari nilai perbandingan komponen tersebut pada hasil *geometric mean*. Setelah melakukan pembuatan matriks perbandingan berpasangan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan normalisasi matriks perbandingan berpasangan.

Tabel 9 menunjukkan nilai eigen vector (bobot) dari masing-masing kriteria yang akan menjadi nilai intensitas kontribusi komponen. Mengacu pada nilai bobot yang ada, bobot tertinggi yaitu komponen *orgaware* diikuti komponen *technoware*, komponen *infoware* dan komponen *humanware*. Hasil perhitungan normalisasi matriks baru dapat dipercaya jika memiliki nilai *consistency ratio* (CR) lebih kecil atau sama dengan 0,1.

Tabel 7.
Geometric mean komponen teknologi

Kriteria		Responden		<i>Geometric Mean</i>
		R1	R2	
T	H	5.00	7.00	5.92
	I	3.00	3.00	3.00
	O	1.00	0.20	0.45
H	I	0.20	3.00	0.77
	O	0.20	0.20	0.20
I	O	0.20	0.33	0.26

Tabel 8.
Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	T	H	I	O
T	1.00	5.92	3.00	0.45
H	0.17	1.00	0.77	0.20
I	0.33	1.29	1.00	0.26
O	2.24	5.00	3.87	1.00
Total	3.74	13.21	8.65	1.91

Tabel 9.
Normalisasi matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	T	H	I	O	Total	<i>Eigen Vector</i>
T	0.27	0.45	0.35	0.23	1.30	0.32
H	0.05	0.08	0.09	0.10	0.32	0.08
I	0.09	0.10	0.12	0.14	0.44	0.11
O	0.60	0.38	0.45	0.52	1.95	0.49
Total	1	1	1	1	1	1

Tabel 10.
Koefisien Kontribusi Teknologi (TCC)

Komponen	Kontribusi		TCC
	Rata-rata	Intensitas	
<i>Technoware</i>	0.76	0.32	0.713
<i>Humanware</i>	0.62	0.08	
<i>Infoware</i>	0.61	0.11	
<i>Orgaware</i>	0.72	0.49	

Maka penilaian hasil perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten. Dapat disimpulkan bahwa penilaian dari masing-masing responden telah sesuai dengan kondisi nyata.

3.5. Perhitungan Koefisien Kontribusi Teknologi (TCC)

Tabel 10 menunjukkan nilai TCC pada PT. XYZ yaitu sebesar 0,713. Berdasarkan penilaian kualitatif, nilai TCC ini termasuk kedalam klasifikasi sangat baik. Koefisien kontribusi teknologi didapatkan dari hasil perhitungan dari komponen-komponen teknologi yang berperan pada seluruh proses yang terjadi pada PT. XYZ, dengan mempertimbangkan intensitas kontribusi dari masing-masing komponen. Nilai koefisien kontribusi komponen pada PT. XYZ termasuk dalam kriteria sangat baik dapat dilihat. Tingkat sangat baik ini dapat dilihat melalui kalkulasi dari keempat komponen teknologi. Pada komponen *technoware* hampir seluruh proses produksi menggunakan mesin semi-otomatis sehingga proses produksi dapat dilakukan dengan efisien dan efektif [15].

Pada komponen *humanware* operator mesin dan bagian pembayaran menguasai mesin-mesin yang terdapat di perusahaan. Pada komponen *infoware* perusahaan mampu menyediakan informasi mengenai kapasitas dan kemampuan mesin yang terdapat pada perusahaan. Pada komponen *orgaware* perusahaan melalui kepala gudang mampu melakukan manajemen yang luar biasa hingga mampu menjalin hubungan baik dengan para pelanggan dan *supplier*. Sehingga secara keseluruhan PT. XYZ memiliki kriteria kemampuan teknologi sangat baik.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada nilai koefisien kontribusi teknologi adalah pembobotan yang dilakukan pada setiap kriteria komponen-komponen teknologi dan nilai rating dari kondisi teknologi eksisting perusahaan jika dibandingkan dengan kondisi komponen teknologi lainnya yang dianggap paling mutakhir, beserta nilai batas bawah dan batas atas dari

komponen-komponen teknologi yang dimiliki perusahaan [16]. Meskipun PT. XYZ telah termasuk dalam kriteria sangat baik, perusahaan tetap perlu melakukan peningkatan pada komponen teknologi yang memiliki nilai rendah agar memperkuat daya saing dari perusahaan terhadap para kompetitor.

3.6. Implikasi manajerial

Dalam melakukan perbaikan komponen teknologi dapat dilihat dari intensitas masing-masing komponen teknologi tersebut bagi perusahaan [17]. Peningkatan nilai koefisien kontribusi teknologi (TCC) dapat dilihat melalui komponen teknologi yang memiliki kontribusi terendah. Pada penelitian ini komponen yang memiliki nilai kontribusi komponen terendah terdapat pada komponen *infoware* dengan nilai kontribusi sebesar 0,61 dan komponen *humanware* dengan nilai kontribusi sebesar 0,62. Perbaikan yang dapat dilakukan oleh PT. XYZ untuk meningkatkan kemampuan komponen *infoware* adalah menyediakan SOP perbaikan dari mesin atau alat yang terdapat pada PT. XYZ. Dalam komponen *humanware*, PT. XYZ dapat melakukan pelatihan terhadap para pekerja yang ada. Pelatihan merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk mengembangkan kapasitas tenaga kerja. Dengan adanya pelatihan maka para pekerja dapat meningkatkan keterampilannya, sehingga dapat meningkatkan prestasi kerja sekaligus kegiatan perusahaan akan berjalan dengan lancar. Jenis pelatihan yang dilakukan berupa pelatihan dalam memperbaiki mesin-mesin atau alat yang terdapat pada PT. XYZ.

4. Percobaan numerik

Hasil analisis yang telah dilakukan pada PT. XYZ menunjukkan komponen *technoware* memiliki nilai kontribusi 0,76, komponen *humanware* memiliki nilai kontribusi 0,62, komponen *infoware* memiliki nilai sebesar 0,61 dan komponen *orgaware* memiliki nilai sebesar 0,72. PT. XYZ pada komponen *technoware* memiliki nilai intensitas kontribusi sebesar 0,32, komponen *humanware* memiliki nilai intensitas kontribusi sebesar 0,08, komponen *infoware* memiliki nilai intensitas kontribusi sebesar 0,11 dan komponen *orgaware* memiliki nilai intensitas kontribusi sebesar 0,49. PT. XYZ memiliki tingkat teknologi sangat baik karena memiliki nilai koefisien kontribusi teknologi sebesar 0,713. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan pada PT. XYZ antara lain, menyediakan SOP perbaikan alat dan mesin yang terdapat di perusahaan dan mengadakan pelatihan mengenai perbaikan alat dan mesin yang terdapat di perusahaan.

Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada para penelaah yang telah memberikan banyak masukan untuk kesempurnaan artikel ini.

References

- [1] M. N. Safrudin, U. Ciptomulyono, and F. H. Susilo, "Pengukuran kontribusi komponen teknologi pada kapal mm menggunakan metode kombinasi teknometrik dan Analytical Hierarchy Process (AHP)," *Rekayasa*, vol. 13, no. 1, pp. 31–37, Jan. 2020, doi: [10.21107/REKAYASA.V13I1.5881](https://doi.org/10.21107/REKAYASA.V13I1.5881).
- [2] T. Pujiyanto, R. Alna Sanaya Hasbullah, I. Ardiansah, and J. Raya Bandung Sumedang, "Penilaian kontribusi komponen teknologi dalam aktivitas produksi di PT Z menggunakan metode teknometrik," *Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, vol. 6, no. 3, pp. 133–144, Dec. 2017, doi: [10.21776/UB.INDUSTRIA.2017.006.03.4](https://doi.org/10.21776/UB.INDUSTRIA.2017.006.03.4).
- [3] S. Miranda and E. Kusriani, "Technology content assessment for technology development in small medium enterprise (SME) of wood furniture: A case study," *2021 IEEE 8th Int. Conf. Ind. Eng. Appl. ICIEA 2021*, pp. 242–246, Apr. 2021, doi: [10.1109/ICIEA52957.2021.9436690](https://doi.org/10.1109/ICIEA52957.2021.9436690).
- [4] A. A. Rumanti and V. Hadisurya, "Analysis of innovation based on technometric model to predict technology life cycle in Indonesian SME," *Int. J. Innov. Enterp. Syst.*, vol. 1, no. 01, pp. 29–36, Dec. 2017, doi: [10.25124/IJIES.V1I01.7](https://doi.org/10.25124/IJIES.V1I01.7).
- [5] R. R. Utami, Z. Zuhrawaty, and T. Pranasari, "Kontribusi komponen teknologi industri pengolahan cokelat (Studi kasus CV. X)," *J. Ind. Has. Perkeb.*, vol. 15, no. 1, pp. 38–48, Jun. 2020, doi: [10.33104/JIHP.V15I1.5972](https://doi.org/10.33104/JIHP.V15I1.5972).
- [6] S. E. Antesty and A. E. Tontowi, "Analisis kontribusi komponen teknologi umkm kota bontang menggunakan metode teknometrik," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 14, no. 2, pp. 230–240, Dec. 2020, doi: [10.26578/JRTI.V14I2.6211](https://doi.org/10.26578/JRTI.V14I2.6211).
- [7] E. R. Yanthi, A. Basith, and J. M. Munandar, "Analisis kontribusi komponen teknologi pada perusahaan jasa kereta api barang dengan pendekatan model teknometrik," *J. Manaj. Teknol.*, vol. 17, no. 3, pp. 197–215, 2018, doi: [10.12695/JMT.2018.17.3.3](https://doi.org/10.12695/JMT.2018.17.3.3).
- [8] T. Cho and R. Korte, "Managing knowledge performance: Testing the components of a knowledge management system on organizational performance," *Asia Pacific Educ. Rev.*, vol. 15, no. 2, pp. 313–327, May 2014, doi: [10.1007/S12564-014-9333-X/TABLES/5](https://doi.org/10.1007/S12564-014-9333-X/TABLES/5).
- [9] G. Santoro, D. Vrontis, A. Thrassou, and L. Dezi, "The Internet of Things: Building a knowledge management system for open innovation and knowledge management capacity," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 136, pp. 347–354, Nov. 2018, doi: [10.1016/J.TECHFORE.2017.02.034](https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2017.02.034).
- [10] M. Del Giudice and V. Maggioni, "Managerial practices and operative directions of knowledge management within inter-firm networks: A global view," *J. Knowl. Manag.*, vol. 18, no. 5, pp. 841–846, Sep. 2014, doi: [10.1108/JKM-06-2014-0264/FULL/PDF](https://doi.org/10.1108/JKM-06-2014-0264/FULL/PDF).
- [11] K. Gopinath, & Lokachari, P. Sai, and L. P. Sai, "A study on the positioning of the brand variants by smartwatch manufacturers: a technometrics approach," *Technology Analysis & Strategic Management*, 2021, doi: [10.1080/09537325.2021.1980210](https://doi.org/10.1080/09537325.2021.1980210).
- [12] J. Akbar, M. Akbar, and D. Irianto, "Measurement and Development of Humanware and Technoware Competencies in Order to Meet Pindle Chain Product Requirements in Bandung Manufacture Polytechnic," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 114, no. 1, p. 012081, Feb. 2016, doi: [10.1088/1757-899X/114/1/012081](https://doi.org/10.1088/1757-899X/114/1/012081).
- [13] T. Dereli and K. Altun, "Technology evaluation through the use of interval type-2 fuzzy sets and systems," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 65, no. 4, pp. 624–633, Aug. 2013, doi: [10.1016/J.CIE.2013.05.012](https://doi.org/10.1016/J.CIE.2013.05.012).
- [14] N. Marlyana, A. E. Tontowi, and H. A. Yuniarto, "From THIO to THIOCMP: The development of technology assessment concept using technometrics," *Proc. - 12th SEATUC Symp. SEATUC 2018*, Mar. 2018, doi: [10.1109/SEATUC.2018.8788850](https://doi.org/10.1109/SEATUC.2018.8788850).
- [15] M. Calış Duman and B. Akdemir, "A study to determine the effects of industry 4.0 technology components on organizational performance," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 167, p. 120615, Jun. 2021, doi: [10.1016/J.TECHFORE.2021.120615](https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.120615).
- [16] C. Novia, I. S. Anisa, and I. Rafidah, "Analisis teknologi contribution coefficient (TCC) di UKM Gazal Makmur," *Teknol. Pangan Media Inf. dan Komun. Ilm. Teknol. Pertan.*, vol. 12, no. 2, pp. 277–286, Sep. 2021, doi: [10.35891/TP.V12I2.2681](https://doi.org/10.35891/TP.V12I2.2681).
- [17] E. F. Aqidawati, W. Sutopo, E. Pujiyanto, M. Hisjam, F. Fahma, and A. Ma'aram, "Technology Readiness and Economic Benefits of Swappable Battery Standard: Its Implication for Open Innovation," *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex*, 2022, Vol. 8, Page 88, vol. 8, no. 2, p. 88, May 2022, doi: [10.3390/JOITMC8020088](https://doi.org/10.3390/JOITMC8020088).