

APLIKASI PENGUKURAN KINERJA UMKM DENGAN METODE FUZZY ANP UNTUK MENENTUKAN STRATEGI INOVASI UMKM

Yeni Kustiyahningsih¹, Eza Rahmanita²

1. Universitas Trunojoyo, Madura

2. Univesitas Trunojoyo, Madura

Kontak Person:

Yeni Kustiyahningsih

JL. Raya Telang – PO.BOX 2 Kamal Bangkalan

Telp: 083849492078, E-mail: ykustiyahningsih@yahoo.com

ABSTRAK

Bangkalan merupakan kabupaten yang paling dekat dengan akses jembatan Suramadu, dimana sebagai titik awal pertumbuhan ekonomi di Madura. Bila melihat jumlah UMKM (Usaha Mikro Kecil dan Menengah) di Kabupaten Bangkalan yang mencapai lebih dari 125 ribu unit, sangat mungkin dan berpotensi sebagai mesin pertumbuhan ekonomi daerah sekaligus merupakan aspek pengentasan pengangguran dan kemiskinan dimasa mendatang. Oleh karena itu Salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap berlangsungnya kemajuan UMKM adalah Produktivitas. Artinya apabila produktivitas meningkat maka kesejahteraan dan mutu UMKM juga meningkat. Saat ini dinas masih melakukan pengukuran kinerja secara manual dan observasi langsung oleh tim survei pada tiap lokasi UKM sekabupaten Bangkalan. Sehingga hasil analisa dari pengukuran, belum optimal. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan *metode fuzzy Analytic Network Process (FANP)*. Metode ini digunakan karena dalam penggunaannya terdapat ketergantungan dan umpan balik diantara masing-masing kriteria. Skor bobot FANP digunakan analisis Strategi inovasi dan SWOT (*strength, weakness, opportunity dan thread*) UMKM. **Hasil dari penelitan ini adalah bobot indikator masing-masing UKM untuk pemetaan industri kreatif kabupaten bangkalan untuk menentukan strategi inovasi bagi perkembangan UMKM di Bangkalan.**

Kata Kunci : *Fuzzy Analytic Network Process (FANP), SWOT, UMKM, Pengambilan Keputusan, kinerja*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan jembatan Suramadu sebagai salah satu bentuk Infrastruktur transportasi secara esensial dapat merangsang dan memberi peluang Pertumbuhan sosial maupun ekonomi Khususnya di pulau madura. Bangkalan merupakan kabupaten yang paling dekat dengan akses jembatan Suramadu, dimana sebagai titik awal pertumbuhan ekonomi di Madura. Berdasarkan data biro pusat statistik dan kementerian Koperasi & UKM th. 2003, jumlah UKM tercatat 42,39 juta unit atau 99,9 % dari total unit usaha. Sektor UKM menyerap 79,04 juta tenaga kerja atau 99,4 % dari total angkatan kerja yang bekerja. kontribusi UKM dalam pembentukan PDB cukup signifikan yakni sebesar 56,72% dari total PDB.(Bank Indonesia,2006). Oleh karena itu Salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap berlangsungnya kemajuan UMKM adalah Produktivitas. Artinya apabila produktivitas UMKM meningkat maka kesejahteraan dan mutu

UMKM juga meningkat. Saat ini dinas umkm masih melakukan pengukuran secara manual dan observasi langsung oleh tim survei pada tiap lokasi UKM seKabupaten Bangkalan. Sehingga hasil analisa dari pengukuran, belum optimal. Dari kekurangan inilah ingin dibangun Sistem Pengukuran Produktivitas Usaha Mikro Kecil Menengah yang lebih efektif dan akurat. Pengukuran produktivitas terdiri dari banyak kriteria (*Multi Criteria Decision Making / MCDM*). Inovasi pengukuran dipengaruhi banyak faktor diantaranya penggunaan beberapa kriteria dalam pengambilan keputusan ((Hwang etc, 1981; Liou etc, 2007), adanya kriteria yang bertentangan (chen etc, 2008). Beberapa Penelitian mengasumsikan independensi kriteria, namun, dalam dunia nyata, sebagian besar kriteria tidak saling independen (chen etc,2008). Banyak metode matematika untuk teknik evaluasi kinerja antara lain data envelopment analysis (DEA) (Wu, 2009), heuristics (He, Chaudhry, Lei, & Baohua, 2009), analytic hierarchy process (AHP) (Sevкли, Koh, Zaim, Demirbag, & Tatoglu, 2007), fuzzy AHP (Chan & Kumar, 2007; Lee et al., 2009; Rao & Holt, 2005), fuzzy goal programming (Kumar, Vrat, & Shankar, 2006; Tsai & Hung, 2009), fuzzy analytic network process (ANP) (Lin, 2009; Tuzkaya & Önüt, 2008). Semua metode adalah bertujuan untuk evaluasi dan seleksi pengukuran produktivitas dengan *multi criteria decision making* (MCDM)

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan metode fuzzy Analytic Network Process (FANP). Metode ini digunakan karena dalam penggunaannya terdapat ketergantungan dan umpan balik diantara masing-masing kriteria. Dengan adanya Sistem Pendukung Keputusan ini dapat membantu dinas UMKM dalam proses pengukuran analisis produktivitas UKM, sehingga hasil yang diperoleh diharapkan dapat digunakan untuk pemetaan industri kreatif kabupaten bangkalan, pemberian bantuan kredit usaha dan menentukan strategi inovasi bagi perkembangan UMKM di Bangkalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengintegrasikan model fuzzy MCDM (*Multicriteria Decision Making*) dengan mengkombinasikan fuzzy *Decision Making Trial dan Evaluasi Lab Model* (DEMATEL), ANP (*Analytic Network Process*) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi supplier sesuai dengan spesifikasi perusahaan, dimana GSCM (*green supply chain management*) sebagai framework dalam menentukan KPI (*key performance Area*) (gulcin, 2012), penelitian berikutnya dengan metode yang sama yaitu menggunakan ketiga kombinasi metode FDAMATEL, FANP dan FTOPSIS untuk inovasi pengambilan keputusan pendidikan tinggi di Taiwan (Jui-Kuei Chen, 2010).

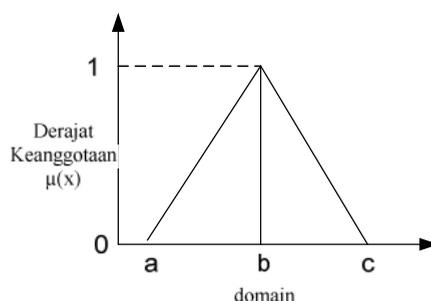
Penelitian berikutnya bertujuan membangun framework untuk mendukung proses seleksi supplier di Iranian Automotive Industry. Penelitian ini menggunakan Fuzzy ANP untuk pembobotan pengukuran dan menentukan level paling penting diantara Kriteria. Model yang diimplementasikan membantu perusahaan Automotive untuk menyeleksi supplier. Penelitian ini menggunakan NGT (*nominal Group Technic*) untuk meringkas *critical success factor* (CSF), FANP untuk pembobotan kriteria yang diseleksi. Sedangkan untuk menyeleksi supplier digunakan *checklist rating total scor* (ahmad dargi, 2014).

Perencanaan arsitektur *enterprise* merupakan salah satu metodologi yang memandang elemen-elemen dalam *enterprise* secara keseluruhan, dimana EAP akan mendefinisikan arsitektur untuk pemakaian informasi dalam mendukung bisnis dan rencana untuk mengimplementasikan arsitektur didalam suatu perusahaan / organisasi. Penelitian perencanaan

arsitektur *enterprise* dibuat berdasarkan pada tahapan perencanaan informasi strategis, pengukuran kinerja (*balanced scorecard*) dengan menggunakan AHP dan integrasi sistem. (Yeni Kustiyahningsih, 2005).

2.2. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi Keanggotaan (membership function) atau derajat keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik input data ke dalam nilai keanggotaannya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Adapun fungsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kurva Segitiga yang pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti terlihat pada Gambar 2.1. (Kusumadewi, 2006)



Gambar 2.4. Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan (Dagdivergen, 2009):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Dimana : $a \leq b \leq c$

2.3. Fuzzy Analytical Network Process (FANP)

Metode *Fuzzy ANP* diterapkan karena merupakan ekstensi dari AHP dan ANP dengan mengkombinasikan teori himpunan *Fuzzy*. Dalam *Fuzzy ANP*, skala rasio *Fuzzy* digunakan dengan mengindikasikan kekuatan relatif dari faktor-faktor pada kriteria yang bersangkutan. Sehingga sebuah matrik keputusan *Fuzzy* dapat dibentuk. Nilai kahit dari alternatif- alternatif juga disajikan dalam angka-angka *Fuzzy* (saaty, 2006). Berdasarkan Chang setiap obyek dari masing – masing kriteria dan sub kriteria dipertimbangkan dan *extend analysis* untuk memperoleh tujuan dieksekusi. Hal ini berarti dimungkinkan untuk memperoleh nilai *extend analysis* yang dapat ditunjukkan dengan notasi sebagai berikut (chang,2008)

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, M_{gi}^3, M_{gi}^4, M_{gi}^5, \dots, M_{gi}^m$$

Set goal (1,2,3,4,5.....m) dengan M_{gi}^j (j=1,2,3,4,5....m) adalah segitiga *fuzzy* (*Tringular Fuzzy Number*), setelah M_{gi}^j mengidentifikasi asumsi awal, *extend analysis* dari chang dapat dijabarkan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Menyusun matrik perbandingan berpasangan diantara semua elemen/kriteria, dana sub kriteria dari masing- masing kriteria dalam dimensi sistem hirarki berdasarkan penilaian dengan variabel linguistik.

$$A = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\ C_1 & 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ C_2 & a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ C_3 & a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 2.6 Matrik Perbandingan Berpasangan

Dimana

n = kriteria nomor yang akan dievaluasi

$C_i = i$. Kriteria

A_{ij} = kepentingan dari i . kriteria berdasarkan j^{th}

2. Mengubah variabel linguistik dalam bentuk bilangan *fuzzy*. Data kuisisioner dalam bentuk variabel linguistik dikonversikan ke bentuk bilangan *fuzzy*. Bilangan *fuzzy* untuk TFN Chang terlihat (skala fundamental kepentingan Relatif ANP) dengan tingkat kepentingan yang berbeda.

Tabel 2.1. Skala TFN dan variabel linguistik skala konversi

Skala linguistik	Nilai kepentingan pada AHP	Skala TFN	Skala TFN inverse
Sama penting	1	(1,1,1)	(1,1,1)
Sedikit lebih penting	3	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
Lebih penting	5	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Sangat penting	7	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Paling penting	9	(7,9,11)	(1/11,1/9,1/7)

3. Masukkan rumus pembobotan dan pencarian kriteria yang terdapat pada langkah – langkah sebagai berikut (Bai H and Kwong CK. 2002):
 - a) Menentukan nilai *synthetic extend* (si) yang berhubungan dengan obyek ke i kemudian direpresentasikan sebagai berikut

$$si = \sum_j^m = 1 M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$$

Untuk memperoleh $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ dilakukan operasi penambahan *fuzzy* dari m dengan *particular matrix*

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left[\sum_{j=1}^m L_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right]$$

Kemudian untuk $\left[\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ mendapatkan dilakukan operasi M_{gi}^j *fuzzy* dari nilai (j)

= 1,2,3....m)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{i=1}^n m_j, \sum_{i=1}^n u_j \right)$$

Pada akhir langkah pertama invers

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \text{ dari determinan vektor}$$

- b) Menentukan derajat kemungkinan (*degree of possibility*) dan himpunan *fuzzy* $m_2 = (l_2, m_2, u_2)$ $M_1 = (L_1, M_1, U_1)$ di definisikan sebagai

$$V(m_2 \ M_1) = \sup_{y \ x} [\min(\mu_{m_1}(x), \mu_{m_2}(y))]$$

x dan y adalah nilai – nilai pada sumbu fungsi keanggotaan masing – masing. Yang diterapkan pada teori dan aplikasi *fuzzy* TFN dengan 3-tipe low, medium dan upper (l, m, u) dan fungsi keanggotaannya telah di bentuk dengan persamaan sebagai berikut :

$$V(m_2 \ m_1) = hgt(m_1 \cap m_2) = \lambda_{m_2}(d)$$

$$V(m_2 \ m_1) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

- c) Menentukan derajat kemungkinan untuk *confex fuzzy number* lebih besar dibandingkan k pada *confex fuzzy number* untuk $M_i = (i=1,2..k)$ dapat didefinisikan sebagai :

$$V = (M \ M_1, M_2, \dots, M_k)$$

$$= V [(M \ M_1)] \text{ dan } [M \ M_2] \text{ dan } (M \ M_k)]$$

$$= \min V (M \ M_i)$$

Diasumsikan bahwa $d = \min V (S_i \ S_k)$

Untuk $k = 1, 2, \dots, n$ $k \ i$ kemudian pada bobot vektor digunakan

$$\hat{W} = (d(A_1), d(A_2), d(A_3), \dots, d(A_n))^T$$

Dimana A_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) merupakan elemen n

- d) Melalui normalisasi, bobot vektor normalisasi

$$\hat{W} = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

Dimana w merupakn bilangan non *fuzzy*.

- e) Penentuan bobot global subkriteria dengan mengalikan matriks *innerdependence* dengan matriks W_2^T (bobot subkriteria)

- f) Pengukuran subkriteria menggunakan variabel linguistik dengan cara mengalikan bobot global (*global weight /gw*) dengan nilai skala (*scale value/sv*) masing-masing subkriteria.

- g) Uji konsistensi dilakukan dengan melihat nilai l , m dan u . Nilai l, m, u menunjukkan penilaian *fuzzy* konsisten. Matriks perbandingan *fuzzy* yang terdiri dari dua dimensi, indeks konsistensinya selalu konsisten

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahap Persiapan

Tahap Identifikasi, Perumusan Masalah dan tujuan penelitian.

Tahap awal yang ditempuh dalam menjalankan penelitian adalah merumuskan masalah bagaimana membangun aplikasi pengukuran produktivitas UMKM menggunakan FANP.

Survey, pengumpulan data, Studi Literatur dan review jurnal

Tahap ini adalah mencari, mempelajari dan menggunakan berbagai macam literatur berupa buku, jurnal, *paper*, *e-book*, buku, atau literatur lain yang terkait dengan *Decision Support system*, sistem pembobotan indikator dengan fuzzy ANP.

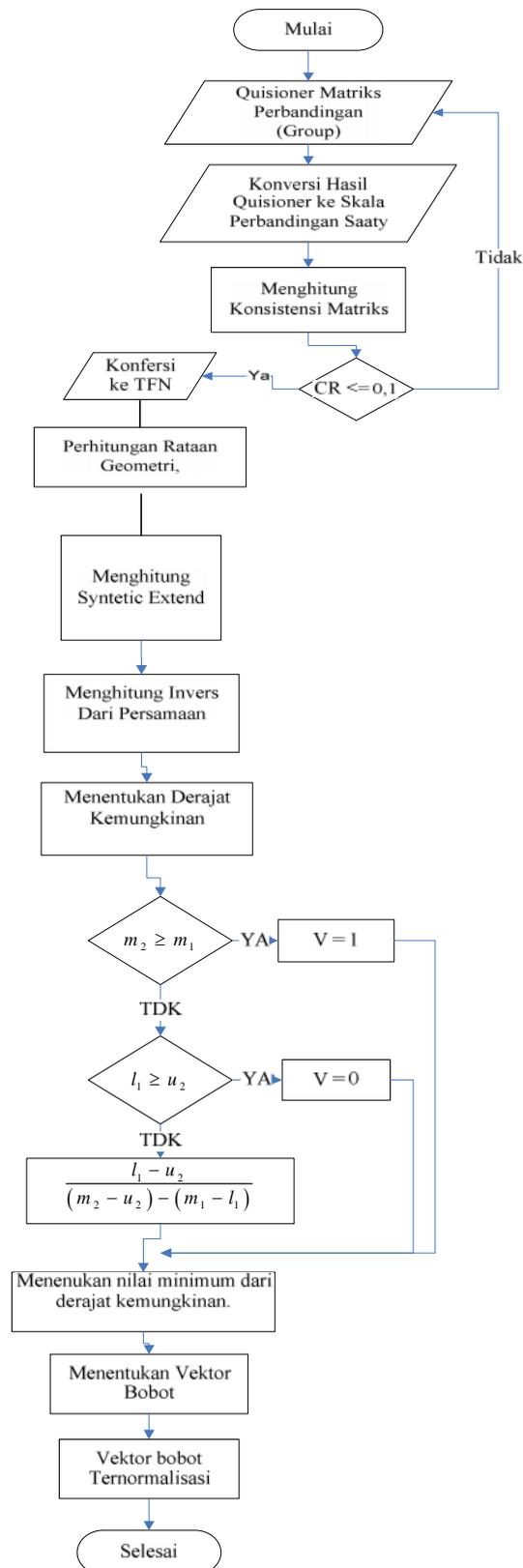
3.2. Tahap pengolahan Data

Analisis kebutuhan sistem

Analisis Kebutuhan sistem ini melakukan identifikasi sistem yang akan dibangun. Yang akan dilakukan untuk mengidentifikasi gambaran sistem baru adalah dengan melakukan pengamatan (observasi), kemudian mengidentifikasi kebutuhan perangkat lunak

Perancangan sistem

Pada tahap perancangan sistem ini dilakukan dengan menggunakan Unified Modelling Language (UML) yakni membuat *Use Case Diagram*, *Activity diagram*, *sequence diagram*, desain data base (*Conceptual Data Model* / CDM dan *Physical Data Model* / PDM) dan *flowchart* (Gambar 3.1) serta desain *user interface*.



Gambar 3.1. Flowchart metode Analytic Network Process

Implementasi sistem

Tahapan ini adalah membuat pemodelan dengan membangun aplikasi pengukuran produktivitas UMKM. Dimana terdiri dari input KPI dari masing-masing perspektif, penentuan bobot masing-masing kriteria, sampai hasil analisa kondisi dari UMKM sehingga dapat menentukan strategi inovasi, pemetaan dan memberikan rekomendasi perbaikan terhadap UMKM.

3.3. Tahap Uji Coba Sistem dan analisis

Data Penelitian : Pelaksanaan uji coba aplikasi ini menggunakan data kuisioner respondent yang disebarakan periode tertentu, serta wawancara dengan pihak koperasi dan UMKM. Sebelum data kuisioner digunakan, terlebih dahulu dilakukan uji validitas untuk mengetahui tingkat kelayakan data penelitian.

Skenario Uji Coba

Berdasarkan data hasil kuisioner, maka dilakukan uji coba yaitu dengan cara mengkombinasikan hasil penyebaran kuisioner sesuai dengan indikator atau kriteria dan pembobotan dengan FANP. Hasilnya akan dibuat untuk menentukan rangking dan analisa produktivitas UMKM.

Analisa Hasil

Setelah mengetahui skor dari masing-masing sub kriteria, selanjutnya adalah menghitung SWOT guna mengetahui kondisi dari kinerja organisasi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung Bobot

Untuk memperoleh bobot masing-masing kriteria dilakukan perhitungan dengan metode FANP. Langkah awal adalah menentukan bobot alternatif dari tiap kriteria melalui kuesioner pemilik.

a. Menentukan Perbandingan Kriteria Berpasangan seperti pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbandingan Berpasangan

Kriteria	Pelatihan Karyawan	Cuaca	Hasil Produksi	Pendapatan Rata-rata	Transaksi Penjualan	Status Usaha	Kualitas Batik	Harga Bahan Baku
Pelatihan Karyawan	1	3	5	5	5	5	1/5	1/3
Cuaca		1	1	5	3	3	1	5
Hasil Produksi			1	1	3	3	1	1/7
Pendapatan Rata-rata				1	1	3	1/3	1/3
Transaksi: Penjualan					1	3	1/5	1/5
Status Usaha						1	3	5
Kualitas Batik							1	5
Harga Bahan Baku								1

b. Menentukan Triangular Fuzzy Number sehingga diperoleh nilai Low, Middle, Upper, pada Tabel 4.2. dibawah ini.

c. Tabel 4.2. Nlai LMU

Kriteria	LOW	MEDIUM	UPPER
Pelatihan Karyawan	14.34	24.53	35.33
Cuaca	11.2	19.33	28
Hasil Produksi	6.25	10.34	14.53
Pendapatan Rata-rata	4.68	7.06	10.66
Transaksi Penjualan	3.82	6.26	9.99
Status Usaha	5.94	10.52	17.33
Kualitas Batik	13.2	21.33	30
Harga Bahan Baku	11.42	19.6	27.99
Total	70.85	118.97	173.83
1/Total	0.01411	0.00841	0.00575

- c. Menentukan nilai Syntetc Extend pada tabel seperti pda Tabel di bawah ini
Tabel 4.3. Nlai Syntetc Extend

Kriteria	LOW	MEDIUM	UPPER
Pelatihan Karyawan	0.08246	0.2063	0.49851
Cuaca	0.0644	0.16257	0.39508
Hasil Produksi	0.03594	0.08696	0.20502
Pendapatan Rata-rata	0.02691	0.05937	0.15041
Transaksi Penjualan	0.02197	0.05265	0.14096
Status Usaha	0.03416	0.08847	0.24453
Kualitas Batik	0.0759	0.17939	0.4233
Harga Bahan Baku	0.06567	0.16484	0.39494

- c. Menentukan Bobot Vektor sepert pada tabel dibawah ini

Tabel 4.4 Bobot Vektor

Pelatihan Karyawan	Cuaca	Hasil Produksi	Pendapatan Rata-rata	Transaksi Penjualan	Status Usaha	Kualitas Batik	Harga Bahan Baku	Jumlah
1	0.87728	0.50666	0.31622	0.27575	0.57903	0.92683	0.88286	5.36463

- d. Menentukan normalisasi Bobot Vektor Tabel

Tabel 4.4 Bobot Vektor

Pelatihan Karyawan	Cuaca	Hasil Produksi	Pendapatan Rata-rata	Transaksi Penjualan	Status Usaha	Kualitas Batik	Harga Bahan Baku	Jumlah
0.18641	0.16353	0.09444	0.05895	0.0514	0.10793	0.17277	0.16457	1

- e. Hasil Konversi Nilai Kriteria pada UKM

Tabel 4.5. Hasil Konversi Nilai kuantitatif Kriteria pada UKM

Nama UKM	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
UKM 1	3	1	3	2	3	1	3	2
UKM 2	5	1	5	2	3	1	2	2
UKM 3	4	1	4	2	2	1	2	2

UKM 4	5	1	5	2	2	1	2	2
UKM 5	3	1	3	1	2	1	1	2

- f. Menentukan pemetaan UKM berdasarkan perkalian Normalisasi Bobot vektor kriteria dengan data nilai kuantitatif UKM, sehingga dapat ditentukan rekomendasi untuk penentuan pemetaan UKM

5. KESIMPULAN

Adapun Kesimpulan dari penelitian ini adalah

1. Dengan menggunakan metode fuzzy ANP dalam menentukan bobot kriteria masing-masing indikator dapat ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan
2. Dari hasil uji coba penilaian pada UKM dengan skala kepentingan yang berbeda dan juga keterkaitan antara kriteria yang berbeda bahwa penilaian kinerja didapat dari skala kepentingan yang tinggi dan terdapat banyak keterkaitan antara kriteria. Faktor yang mempengaruhi kinerja yang paling tinggi pada UKM yaitu pada kriteria Pelatihan Karyawan dan kualitas batik

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Dargi, ali anjomshoae, masoud Rahminezhad galankashi, 2014, suulier selection : A fuzzy Approach, jurnal information technology and quantitative management (ITQM) vol 31, hal 691-700
- Bai H and Kwong CK. 2002. *A Fuzzy AHP Approach to the Determination of Importance weights of Customer Requirements in Quality Function Delopment*. **Journal of intelligent manufacturing**.
- Chen, J. K., & Chen, I. S. (2008). Select innovative index of higher educational institutions by FAHP. *Journal of American Academy of Business, Cambridge*, 13(1), 151–157.
- Freddy rangkuti, 2004, Analisis SWOT teknik membedah kasus bisnis, PT. Gramedia, Jakarta
- Gulcin buyukozhan dkk, 2012, A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS, *journal expert systems with applications* vol 39 issue 3
- Hwang, C. L., & Yoon, K. S. (1981). *Multiple attribute decision making: Method and applications*. NY: Springer.
- Jui-Kuei Chen dkk, 2010, Using a novel conjunctive MCDM approach based on DEMATEL, fuzzy ANP, and TOPSIS as an innovation support system for Taiwanese higher education, *Journal expert systems with applications*, 2010, vol 37 issue 3
- Kumar, M., Vrat, P., & Shankar, R. (2006). A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 101, 273–285.
- Liou, J. H., Tzeng, G. H., & Chang, H. C. (2007). Airline safety measurement using a hybrid model. *Journal of Air Transport Management*, 13, 243–249.
- Lin, R.-H. (2009). An integrated FANP–MOLP for supplier evaluation and order allocation. *Applied Mathematical Modelling*, 33, 2730–2736.

Saaty T.L,Vargas L.G . *Decision Making with the Analytic Network Process (Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks)*.United States of America Springer Science + Business Media, LLC. 2006.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. NY: McGraw-Hill.