

OPTIMASI PRODUKSI ASPAL HOTMIX DENGAN PENDEKATAN TRIANGULAR FUZZY NUMBER

Annur Ma'ruf¹, Afriza Marianti²

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang^{1,2}

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 02 Malang

E-mail: annur2017@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan berkembang pesat untuk memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat. Secara umum, proyek jalan baru dan preservasi jalan masih menggunakan perkerasan lentur dengan mengandalkan aspal hotmix dari perusahaan aspal. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis optimasi sistem produksi *hotmix* pada perusahaan aspal untuk memenuhi kebutuhan aspal hotmix. Pendekatan analisis menggunakan basis kecerdasan buatan dengan *fuzzy logic* karena banyak kelebihan pada metode ini terutama terkait dengan pengambilan keputusan. Salah satu tahapan pada analisis fuzzy yang krusial adalah penetapan himpunan fuzzy yang direpresentasikan dalam bentuk kurva fungsi keanggotaan. Bentuk kurva yang paling umum digunakan adalah triangular fuzzy number karena mampu memberikan hasil yang presisi dan banyak diaplikasikan pada berbagai pemecahan masalah. Oleh karena itu pada penelitian ini juga mengadopsi bentuk kurva ini untuk analisis. Penetapan *fuzzy number* pada penelitian ini menggunakan data produksi perusahaan, kapasitas produksi perusahaan dan kebutuhan layanan campuran aspal yang diperoleh dari data salah satu perusahaan aspal hotmix di Jawa Timur. Penetapan himpunan *fuzzy number* dianalisis dengan pembentukan fuzzy *input/output* dan pengkategorian secara linguistik. Kemudian menetapkan semesta himpunan fuzzy, batas bawah, tengah dan batas atas untuk kemudian direpresentasikan pada masing-masing fungsi keanggotaannya dalam kurva *triangular fuzzy number*. Hasil analisis memberikan empat *input* fuzzy yaitu permintaan, material aspal cair, material agregat kasar, dan agregat halus, serta satu *output* fuzzy yaitu produksi beserta representasinya pada kurva fungsi keanggotaan. Sesuai hasil fuzzy number, tersusun sistem fuzzy untuk produksi aspal hotmix yang optimal guna mendukung keputusan. Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini adalah keuntungan bagi perusahaan dan waktu penyelesaian proyek jalan dapat dicapai secara tepat.

Kata kunci: aspal *hotmix*, *fuzzy number*, jalan raya, optimasi produksi

ABSTRACT

Development in road Infrastructure is growing rapidly to accommodate the mobility needs of the society. Generally, both new and preservation road projects, still use flexible pavements by relying on hotmix asphalt asphalt company. The purpose of this research is to analyze the optimization of the hotmix production system at the asphalt company to supply hotmix asphalt. The analytical approach based on artificial intelligence with fuzzy logic because of many advantages in this method, especially those related to decision making. One of the crucial stages in fuzzy system is the determination of fuzzy sets which is represented in the form of a membership function curve. The most commonly used is triangular fuzzy number because of its ability to provide precise results and it is widely applied in various problem solving. Therefore, this study also adopted the shape of this curve for the analysis. The identification of fuzzy number in this study come from production data, material inventory, capacity of equipment, and the demand of asphalt mixtures from on of the hotmix companies. Fuzzy set was developed by identifying the fuzzy input/output and separating the categories linguistically. Then, the universe of fuzzy sets was determined, followed by lower, middle and upper limits to be represented on each membership function in the curve of triangular fuzzy number. The results show four input of fuzzy sets namely demand, material of asphalt, coarse aggregate, fine aggregate and the output fuzzy namely production and its representation on each membership function. According to the results of fuzzy sets, a fuzzy system for asphalt production optimization is created to support the decision. The expected contribution of this research is the benefits for company and the completion time of road projects can be achieved appropriately.

Keywords: fuzzy number, highway, hotmix asphalt, production optimization

PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan sebagai salah satu prasarana transportasi, sangat dibutuhkan bagi mobilitas masyarakat dan berperan penting dalam kegiatan ekonomi, sosial, budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan (RI, 2004; RI, 2011; Aulia, 2011; Pandey, 2017). Infrastruktur jalan berkembang pesat dengan pengadaan proyek baru maupun kegiatan preservasi dimana lapis perkerasan lentur masih menjadi pilihan secara umum bagi hampir semua proyek jalan. Pilihan ini dikarenakan perkerasan lentur lebih memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan dibandingkan dengan perkerasan kaku, karena lapisan aspal dapat beradaptasi dengan baik saat bergesekan dengan roda kendaraan, meskipun salah satu kelemahan dari jenis perkerasan lentur adalah sangat rawan terhadap pengaruh faktor iklim dan cuaca sekitar. Perkerasan lentur menggunakan material aspal cair sebagai pengikat diantara material-materialnya sehingga biasa disebut dengan aspal *hotmix* (Pandey, 2017; Sahrianto, 2016). Laju kegiatan proyek jalan dengan perkerasan lentur turut memacu berkembangnya *Asphalt Mixing Plant* (AMP) sebagai tempat pencampuran seluruh material *hotmix* sebelum dikirimkan ke lokasi proyek yang memerlukan (Suwandira, 2006; M Hadi, 2022). Permintaan yang tinggi dari kegiatan proyek jalan menyebabkan perusahaan penyediaan campuran aspal mengalami kondisi *overload* pada periode-periode tertentu, akibat keterbatasan kapasitas produksi yang dimiliki oleh perusahaan. Untuk itu diperlukan analisis optimasi produksi bagi perusahaan *hotmix* agar diperoleh hasil yang efektif dan efisien (Chandra, 2014).

Optimasi secara umum bersinggungan dengan pengambilan keputusan seperti halnya dengan produksi aspal *hotmix* ini sangat tergantung pada permintaan campuran aspal yang berubah-ubah dan stok material yang dapat disediakan oleh *supplier* tidak selalu dapat tercukupi sesuai kebutuhan. Oleh karena itu dalam analisisnya lebih tepat dilakukan dengan pendekatan *human knowledge* yang lebih realistis (Gunduz, dkk., 2017; Javadi, dkk., 2017; Winanda, dkk., 2020).

Sistem *fuzzy* adalah sistem yang dibangun berdasarkan logika berfikir dan persepsi seorang manusia. Dasar sistem dibangun dengan asumsi bahwa manusia berfikir dalam membedakan sesuatu lebih bersifat kabur atau serba tidak pasti (mungkin iya, mungkin tidak, hampir pasti tidak, dsb.). *Fuzzy logic* lebih diartikan sebagai metode berhitung dengan kata-kata sebagai pengganti angka, karena kata-kata lebih mendekati cara berfikir manusia, meskipun hasilnya tidak sepresisi bilangan namun lebih logis/masuk akal (Suryanto, 2014; Valaskova, dkk., 2014). Pendekatan *fuzzy logic* telah diaplikasi pada banyak permasalahan

dari berbagai disiplin ilmu dengan hasil yang sangat presisi, terutama untuk menjawab persoalan keputusan yang umumnya bersifat sangat kualitatif dan penuh dengan unsur subyektifitas.

Tahapan analisis pada sistem *fuzzy* secara umum adalah fuzzifikasi yaitu merubah variabel *crisp*/ angka kedalam variabel linguistik sehingga bisa menjadi *fuzzy input*. Kemudian dilanjutkan proses inferensi dengan memetakan ruang *input* ke dalam ruang *output* berdasarkan pada aturan *fuzzy* yang tersusun. Tahap terakhir dari analisis adalah defuzzifikasi yaitu merubah kembali hasil secara linguistik ke dalam hasil akhir berupa angka/*crisp* (Valaskova, dkk., 2014; Winanda, dkk., 2017; Widodo, 2012).

Pada logika *fuzzy*, fuzzifikasi dilakukan dengan mengubah nilai berupa angka menjadi kata-kata (*linguistik*) dan direpresentasikan dalam bentuk fungsi keanggotaan berbentuk kurva yang saling berkaitan dan tumpang tindih yang menunjukkan kekaburannya dalam rentang sesuai semesta himpunan *fuzzy*. Semesta himpunan *fuzzy* diuraikan dalam sejumlah domain untuk menunjukkan kategori secara linguistik pada tiap variabel sesuai dengan kebutuhan analisis. Fungsi keanggotaan segitiga (*Triangular Fuzzy Number*) merupakan bentuk kurva fungsi yang paling mudah, paling banyak diimplementasikan dan memberikan hasil akurasi yang tinggi. Oleh karena itu pada penelitian ini juga menggunakan bentuk fungsi keanggotaan berupa *Triangular Fuzzy Number* (Valaskova, dkk., 2014; Winanda, dkk., 2017; Widodo, 2012).

Sesuai dengan hasil identifikasi permasalahan yang ada yaitu kebutuhan *supply* campuran aspal untuk proyek jalan yang berkembang pesat maka tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sistem *fuzzy* pada optimasi produksi aspal *hotmix* dengan pendekatan *triangular fuzzy number*.

METODE

Analisis memerlukan pentahapan kegiatan untuk memastikan penyelesaian sesuai dengan tujuan penelitian. Langkah pertama pada analisis diawali dengan penggalan sumber informasi dari buku, jurnal dan literatur pendukung lainnya. Kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data berupa data primer dari hasil wawancara dengan penanggung jawab produksi salah satu perusahaan aspal *hotmix* di Jawa Timur dan data sekunder berupa data persediaan material, produksi, kapasitas produksi, dan data permintaan campuran aspal. *Fuzzy logic* digunakan sebagai pendekatan analisis dengan mengikuti langkah penyelesaian pada sistem *fuzzy* mulai dari fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Batasan analisis pada penelitian tahap ini adalah proses fuzzifikasi dengan pendekatan *triangular fuzzy number*. Fuzzifikasi diawali dengan identifikasi variabel *input* dan variabel *output* dimana sesuai

hasil pengumpulan data berbentuk angka/*crisp*. Variabel *input* adalah persediaan material dan permintaan campuran aspal. Berdasarkan rekapitulasi data maka dapat ditetapkan semesta himpunan *fuzzy* dan pembagian daerah himpunan *fuzzy* ke dalam *domain* pada masing-masing variabel. Tahap terakhir pada proses fuzifikasi adalah melakukan konversi nilai *crisp* kedalam *fuzzy input* (nilai linguistik) dan masing-masing nilai linguistik direpresentasikan ke dalam kurva fungsi keanggotaan dalam bentuk *triangular fuzzy number*. Dengan hasil identifikasi *fuzzy input/output* maka dapat disusun skematik diagram sistem *fuzzy* untuk optimasi produksi aspal *hotmix*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengumpulan data disusun dan diurutkan dari nilai terkecil dalam tabel rekapitulasi data. *Input* berupa permintaan campuran aspal terdiri atas 83 data sebagaimana tercantum dalam **Tabel 1**. Persediaan material terdiri atas tiga jenis yaitu material aspal cair dengan jumlah data sebanyak 11, agregat kasar sejumlah 52 data dan agregat halus sebanyak 98 data. Data pada **Tabel 2** mewakili variabel persediaan material berupa aspal cair. *Output* pada analisis ini adalah data produksi sebanyak 33 data seperti pada **Tabel 3** sehingga keseluruhan sistem *fuzzy* yang dibangun terdiri atas 4 variabel *input* dengan 1 variabel *output* (*multi input single output/ MISO*).

Tabel 1. Rekapitulasi data permintaan campuran aspal

No.	Hotmix (ton)	No.	Hotmix (ton)	No.	Hotmix (ton)
1	23,68	29	117,7	57	192,1
2	30,4	30	118	58	194,13
3	30,4	31	120,72	59	200,17
4	33,38	32	121,26	60	200,58
5	36,9	33	122,24	61	205,34
6	54,18	34	124,86	62	205,54
7	60,76	35	127,94	63	206,48
8	61,02	36	131,31	64	206,48
9	63,18	37	135,08	65	206,66
10	63,82	38	136,48	66	207,06
11	64,56	39	138,18	67	210,76
12	65,8	40	139,02	68	219,16
13	67,8	41	139,21	69	224,18
14	70,75	42	140,76	70	226,54
15	72,17	43	147,66	71	239,12
16	75,44	44	149,52	72	241,14
17	76,06	45	150,82	73	241,31

No.	Hotmix (ton)	No.	Hotmix (ton)	No.	Hotmix (ton)
18	85,6	46	151,49	74	241,84
19	87,26	47	156,26	75	242,68
20	90,96	48	157,84	76	243,16
21	91,03	49	163,74	77	248,62
22	91,17	50	168,19	78	259,06
23	96,16	51	168,52	79	267,76
24	99,83	52	175,92	80	272,86
25	100,77	53	184,66	81	274,16
26	101,92	54	185,42	82	282,57
27	103,42	55	185,44	83	287,38
28	104,12	56	188,62		

Tabel 2. Rekapitulasi data persediaan aspal cair

No.	Aspal cair (ton)
1	18
2	36
3	54
4	55,82
5	56,6
6	59,41
7	67,24
8	89,48
9	108
10	142
11	144

Tabel 3. Rekapitulasi data Produksi

No.	Hotmix (ton)	No.	Hotmix (ton)
1	0	18	170
2	10	19	180
3	20	20	190
4	30	21	200
5	40	22	210
6	50	23	220
7	60	24	230
8	70	25	240
9	80	26	250
10	90	27	260
11	100	28	270
12	110	29	280
13	120	30	290

No.	Hotmix (ton)	No.	Hotmix (ton)
14	130	31	300
15	140	32	310
16	150	33	320
17	160		

Berdasarkan pada pembulatan nilai data terendah dan tertinggi untuk masing-masing variabel diperoleh semesta himpunan *fuzzy* yang akan disusun. Semesta himpunan variabel permintaan campuran aspal adalah [23; 288]. Untuk semesta himpunan dari ketersediaan material aspal cair [18; 144], agregat kasar [30; 200], dan agregat halus [24; 192]. Sedangkan untuk variabel produksi sebagai *output* analisis mempunyai semesta himpunan [0; 320].

Prinsip prosedur fuzzifikasi adalah mentransfer variabel bernilai *crisp* ke dalam variabel linguistik yang digambarkan dalam fungsi keanggotaannya masing-masing. Pengkategorian dalam fungsi keanggotaan dijabarkan dari semesta pembicaraan himpunan *fuzzy* yang terbentuk (*domain*). Berdasarkan pada penelitian terdahulu sebagaimana dituliskan pada bab pendahuluan, tidak terdapat suatu aturan dalam penetapan jumlah kategori fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* sehingga pada penelitian ini digunakan tiga *domain* untuk masing-masing variabel. *Domain* pada penelitian ini didapatkan dari data nilai terendah, kuartil bawah (Q1), median (Q2), kuartil atas (Q3) dan nilai tertinggi. Perhitungan kuartil data permintaan campuran aspal sesuai dengan **Tabel 1** dengan sejumlah 83 data diperoleh $Q1 = (1*(83+1))/4 = 21,00$, sehingga Q1 diperoleh dari data ke-21 yaitu 91,30. Dengan cara yang sama maka $Q2 = (2*(83+1))/4 = 42,00$, sehingga Q2 diperoleh dari data ke-42= 140,76. Sedangkan untuk $Q3 = (3*(83+1))/4 = 63,00$, dimana data ke-63 bernilai 206,48. *Domain* himpunan *fuzzy* variabel permintaan terdiri atas kecil [nilai terendah; Q2], sedang [Q1; Q3], besar [Q2; nilai tertinggi] dengan masing-masing nilai *domain* adalah kecil [23; 140,76], sedang [91,30; 206,48], dan besar [140,76; 288].

Tabel 2 digunakan untuk menganalisis nilai kuartil variabel persediaan material aspal cair dengan data sebanyak 11 data. $Q1 = (1*(11+1))/4 = 3,00$, sehingga diperoleh nilai 54 sesuai data ke-3. Sedangkan untuk $Q2 = (1*(11+1))/4 = 6,00$ dengan nilai data ke-6 adalah 59,41. $Q3 = (3*(11+1))/4 = 9,00$ dengan nilai data ke-9 sebesar 108. Sebagaimana analisis pada variabel permintaan dengan tiga *domain* himpunan *fuzzy* pada variabel material aspal cair diperoleh nilai kategori: terbatas [18; 59,41], tersedia [54; 108], dan berlebih [59,41; 144].

Berdasarkan pada **Tabel 3**, maka dapat dianalisis nilai Q1, Q2 dan Q3 untuk variabel produksi sesuai

dengan data sejumlah 33 yang diberikan. $Q1 = (1*(33+1))/4 = 8,50$, sehingga Q1 diperoleh dari data ke-8 dan data ke-9 yaitu sebesar $(70+80)/2 = 75$. $Q2 = (2*(33+1))/4 = 17$ dengan nilai 160 untuk data ke-17. $Q3 = (3*(33+1))/4 = 25,50$ sehingga Q3 didapatkan dari data ke-25 dan ke-26 dengan nilai $(240+250)/2 = 245$. *Domain* pada variabel produksi terbagi menjadi kategori sedikit, sedang, banyak dengan nilai secara berurutan adalah [0; 160], [75; 245], dan [160; 320].

Langkah yang sama juga dilakukan untuk variabel material agregat kasar dan halus sehingga secara keseluruhan himpunan *fuzzy* yang terbentuk sebagaimana terangkum pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Himpunan *Fuzzy*

Fungsi	Variabel	Himpunan fuzzy	Semesta	Domain
Input	Permintaan	Kecil	[18; 288]	[23; 140,76]
		Sedang		[91,30; 206,48]
		Besar		[140,76; 288]
	Aspal cair	Terbatas	[18; 144]	[18; 59,41]
		Tersedia		[54; 108]
		Berlebih		[59,41; 144]
	Agregat kasar	Terbatas	[30; 200]	[30; 32,64]
		Tersedia		[31,76; 33,46]
		Berlebih		[32,64; 200]
	Agregat halus	Terbatas	[24; 192]	[24; 33,5]
		Tersedia		[32,59; 34,52]
		Berlebih		[33,5; 192]
Output	Produksi	Sedikit	[0; 320]	[0; 160]
		Sedang		[75; 245]
		Banyak		[160; 320]

Himpunan *fuzzy* yang terbentuk akan digunakan untuk merpresentasikan masing-masing fungsi keanggotaan variabel yang teridentifikasi. Fungsi keanggotaan digambarkan dalam kurva yang saling berkaitan sesuai dengan semesta himpunan yang terdefinisi dan selang derajat keanggotaan antara 0 s/d 1 [0; 1].

Sesuai dengan **Tabel 4** variabel permintaan terbagi dalam tiga himpunan *fuzzy* yaitu kecil, sedang, besar yang direpresentasikan dalam kurva *triangular fuzzy number*.

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* kecil dengan bentuk linier menurun kebawah berada pada selang

[23; 140,76] dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{kcl}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 23 \\ \frac{(140,76-x)}{(140,76-23)}, & 23 < x < 140,76 \\ 0, & x \geq 140,76 \end{cases}$$

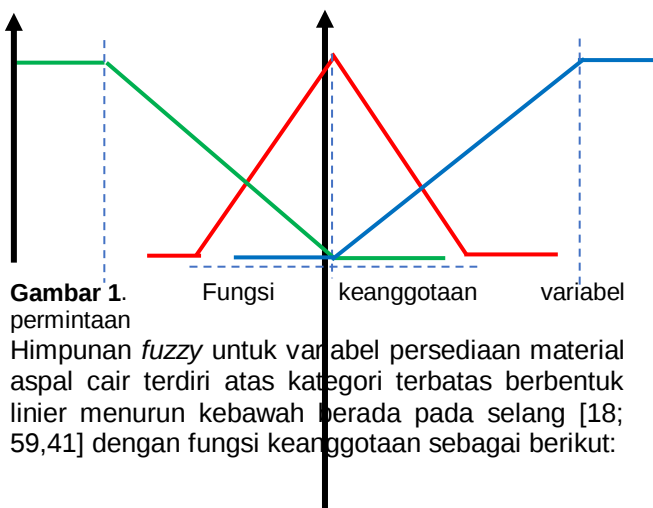
Sedangkan untuk fungsi keanggotaan sedang berbentuk segitiga dengan selang [91,30; 140,76], [140,76; 206,48] dengan analisis sebagai berikut:

$$\mu_{sdng}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 91,30 \text{ atau } x \geq 206,48 \\ \frac{(x-91,30)}{(140,76-91,30)}, & 91,30 < x < 140,76 \\ \frac{(206,48-x)}{(206,48-140,76)}, & 140,76 < x < 206,48 \end{cases}$$

Untuk fungsi keanggotaan besar berbentuk linier meningkat berada pada selang [140,76; 288] dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\mu_{bsr}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 140,76 \\ \frac{(288-x)}{(288-140,76)}, & 140,76 < x < 288 \\ 1, & x \geq 288 \end{cases}$$

Hasil representasi fungsi keanggotaan variabel permintaan sebagaimana tercantum pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Himpunan fuzzy untuk variabel persediaan material aspal cair terdiri atas kategori terbatas berbentuk linier menurun kebawah berada pada selang [18; 59,41] dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{bts}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 18 \\ \frac{(59,41-x)}{(59,41-18)}, & 18 < x < 59,41 \\ 0, & x \geq 59,41 \end{cases}$$

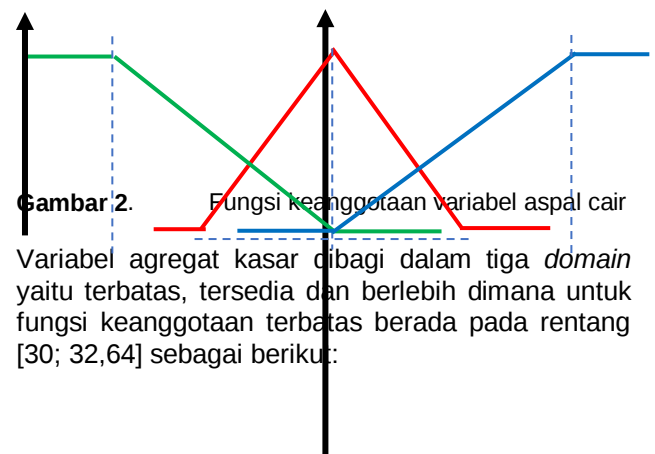
Fungsi keanggotaan tersedia berbentuk segitiga dengan selang [54; 59,41], [59,41; 108] dengan analisis sebagai berikut:

$$\mu_{sda}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 18 \text{ atau } x \geq 144 \\ \frac{(x-54)}{(59,41-54)}, & 54 < x < 59,41 \\ \frac{(108-x)}{(108-59,41)}, & 59,41 < x < 108 \end{cases}$$

Sementara untuk fungsi keanggotaan berlebih berbentuk linier meningkat berada pada selang [59,41; 144]. Jabaran fungsi keanggotaannya sebagai berikut:

$$\mu_{lbh}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 59,41 \\ \frac{(144-x)}{(144-59,41)}, & 59,41 < x < 144 \\ 1, & x \geq 144 \end{cases}$$

Kurva *triangular fuzzy number* sebagai untuk keanggotaan variabel persediaan aspal cair dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Fungsi keanggotaan variabel aspal cair
 Variabel agregat kasar dibagi dalam tiga domain yaitu terbatas, tersedia dan berlebih dimana untuk fungsi keanggotaan terbatas berada pada rentang [30; 32,64] sebagai berikut:

$$\mu_{bts}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 30 \\ \frac{(32,64-x)}{(32,64-30)}, & 30 < x < 32,64 \\ 0, & x \geq 32,64 \end{cases}$$

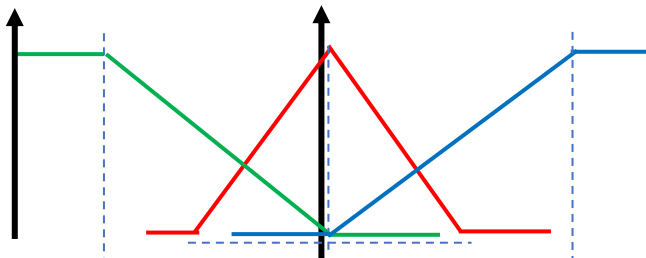
Sedangkan pada kategori tersedia dapat diidentifikasi fungsi keanggotaan berada pada rentang [31,76; 32,64] dan [32,64; 46] sebagai berikut:

$$\mu_{sda}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 31,76 \text{ atau } x \geq 46 \\ \frac{(x-31,76)}{(32,64-31,76)}, & 31,76 < x < 32,64 \\ \frac{(46-x)}{(46-32,64)}, & 32,64 < x < 46 \end{cases}$$

Pada kategori berlebih untuk variabel agregat kasar dalam rentang [32,64; 200] dengan fungsi keanggotaan sebagai berikut:

$$\mu_{lbh}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 32,64 \\ \frac{(200-x)}{(200-32,64)}, & 32,64 < x < 200 \\ 1, & x \geq 200 \end{cases}$$

Hasil representasi dalam kurva fungsi keanggotaan seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel agregat kasar

Seperti halnya dengan persediaan material lain, agregat halus juga dibagi dalam tiga daerah himpunan *fuzzy* yaitu terbatas, tersedia, dan berlebih. Fungsi keanggotaan terbatas dalam selang [24; 33,5] diuraikan sebagai berikut:

$$\mu_{bts}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 24 \\ \frac{(33,5-x)}{(33,5-24)}, & 24 < x < 33,5 \\ 0, & x \geq 33,5 \end{cases}$$

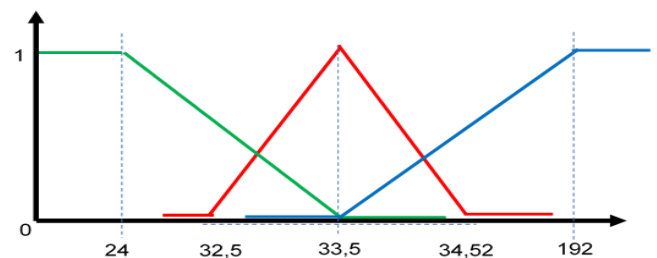
Sementara untuk kategori tersedia dengan rentang [32,59; 33,5] dan [33,5; 34,52] dengan uraian berikut ini:

$$\mu_{sda}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 32,59 \text{ atau } x \geq 34,52 \\ \frac{(x-32,59)}{(33,5-32,59)}, & 32,59 < x < 33,5 \\ \frac{(34,52-x)}{(34,52-33,5)}, & 33,5 < x < 34,52 \end{cases}$$

Sedangkan untuk kategori berlebih berada pada rentang [33,5; 192] sebagai berikut:

$$\mu_{lbh}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 33,5 \\ \frac{(192-x)}{(192-33,5)}, & 33,5 < x < 192 \\ 1, & x \geq 192 \end{cases}$$

Representasi hasil dalam bentuk kurva fungsi keanggotaan dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan variabel agregat halus

Variabel terakhir yang diidentifikasi adalah *output* yaitu variabel produksi dengan tiga *domain* (sedikit, sedang, banyak). Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* sedikit dengan linier menurun berada pada rentang [0, 160] dengan uraian berikut ini:

$$\mu_{dkt}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0 \\ \frac{(160-x)}{(160-0)}, & 0 < x < 160 \\ 0, & x \geq 160 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1, & x \leq 0 \\ \frac{(160-x)}{(160-0)}, & 0 < x < 160 \\ 0, & x \geq 160 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy sedang berbentuk segitiga terletak pada rentang [75; 160] dan [160; 245] dijelaskan berikut ini:

$$\mu_{sdg}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 75 \text{ atau } x \geq 160 \\ \frac{(x-75)}{(245-75)}, & 75 < x < 160 \\ \frac{(245-x)}{(245-160)}, & 160 < x < 245 \end{cases}$$

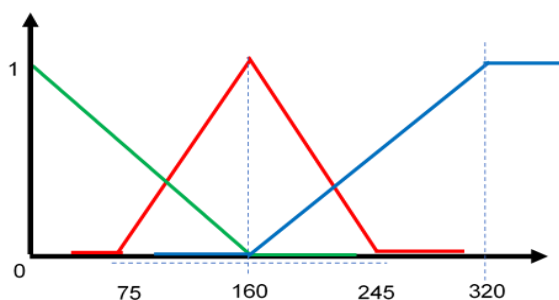
$$\begin{cases} 0, & x \leq 75 \text{ atau } x \geq 160 \\ \frac{(x-75)}{(245-75)}, & 75 < x < 160 \\ \frac{(245-x)}{(245-160)}, & 160 < x < 245 \end{cases}$$

Bentuk fungsi keanggotaan himpunan fuzzy banyak adalah linier meningkat dengan rentang [160; 320] sebagai berikut ini:

$$\mu_{byk}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 160 \\ \frac{(320-x)}{(320-160)}, & 160 < x < 320 \\ 1, & x \geq 320 \end{cases}$$

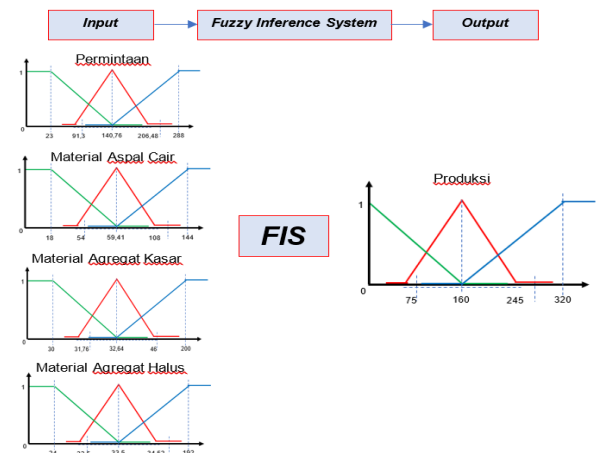
$$\begin{cases} 0, & x \leq 160 \\ \frac{(320-x)}{(320-160)}, & 160 < x < 320 \\ 1, & x \geq 320 \end{cases}$$

Kurva *triangular fuzzy number* untuk variabel produksi seperti tercantum pada Gambar 5.



Gambar 5. Fungsi keanggotaan variabel produksi

Hasil identifikasi pada proses fuzzifikasi digunakan untuk tahap analisis selanjutnya pada sistem fuzzy. Masing-masing representasi himpunan fuzzy yang terbentuk disusun dalam skema sistem fuzzy untuk optimasi produksi aspal *hotmix* sebagaimana tercantum pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Sistem fuzzy optimasi produksi aspal *hotmix*

KESIMPULAN

Hasil analisis berdasarkan data yang diperoleh dari salah satu perusahaan aspal *hotmix* di Jawa Timur telah dapat direpresentasikan dalam *fuzzy triangular number* dengan empat fuzzy input yaitu permintaan campuran aspal, ketersediaan material aspal cair, ketersediaan material agregat kasar, dan ketersediaan material halus. Sedangkan fuzzy output berupa variabel produksi campuran aspal yang direpresentasikan dalam bentuk kurva *triangular fuzzy number*. Berdasarkan analisis hasil fungsi keanggotaan variabel input dan variabel output telah tersusun sistem fuzzy optimasi produksi aspal *hotmix* sebagai dasar dalam analisis berbasis fuzzy logic dan pengambilan keputusan sistem produksi yang optimal bagi perusahaan.

Penelitian ini merupakan kajian awal. Oleh karena itu pada penelitian selanjutnya akan dibahas penelaahan dan proses analisis lanjutan dari penelitian ini hingga mencapai hasil akhir berupa pendukung keputusan produksi. Penelitian juga perlu dikembangkan dengan sistem pakar sehingga identifikasi variabel-variabel pembentuk sistem dan hasil analisis dapat memberikan manfaat secara lebih bagi perusahaan aspal secara umum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) ITN Malang atas dukungan pendanaan bagi penelitian ini dan perusahaan *hotmix* yang telah mendukung proses pengambilan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, M. D. (2011). *Analisis Kebutuhan Jalan Di Kawasan Kota Baru Tegalluar Kabupaten Bandung*. 11(1), 41–56.
- Chandra, 2014. *Pendekatan Perilaku Konsumen dan Konsep Elastisitas*. (Online),

- (<http://www.pencintaipa.info/2011/04/pendekatan-perilaku-konsumen-dan-konsep-elastisitas.html>), diakses 20 Maret 2022.
- G.N.P Suwandira, R. I. D. I. A. R. W. (2006). Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 10, No. 1, Januari 2006. *Teknik, Fakultas Udayana, Universitas Program, Dosen Magister, Studi Sipil, Teknik Pascasarjana, Program*, 10(1), 12–19.
- Gunduz, M., Birgonul, T., & Ozdemis, M. (2017). *Fuzzy Structural Equation Model To Assess Construction Saite Safety Performance*. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Javadi, M., Saeedi, G., & Shahriar, K. (2017). *Fuzzy Bayesian Network Model For Roof Fall Risk Analysis In Underground Coal Miners*. *Journal of Applied Sciences*, 103-115
- M Hadi, H. (2022). *Asphalt Mixing Plant Dan Komponen Utamanya*.
<https://www.ilmubeton.com/2018/05/asphalt-mixing-plant-dan-komponen.html>, Source:
<https://www.ilmubeton.com>.
- Pandey, S. V, & Sarajar, A. N. (2017). *Pentingnya Pembangunan Sarana Prasarana Transportasi Sebagai Upaya Membangun Desa Di Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara*. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 649–656.
- RI. (2004). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- RI. (2011). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 Tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan*. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Indonesia.
- Sahrianto, L. A. (2016). *Analisa Perbandingan konstruksi Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau dari Metode Pelaksanan dan Biaya*. *Studi Kasus: Pekerjaan Peningkatan Struktur Jalan Mantingan-Ngawi*. *Civil Engineering Muhammadiyah Surakarta University*, 1–16.
- Suyanto. (2014). *Artificial Intelligence Searching, Reasoning, Planning, Learning*. Bandung: Informatika.
- Valaskova, K., Kliestik, T., & Misankova, M. (2014). *The Role of Fuzzy Logic in Decision Making Process*. *2nd International Conference on Management Innovation and Business Innovation* (pp. 1-6). Bangkok: Singapore Management and Sports Science Institute.
- Widodo, P. P., & Handayanto, R. T. (2012). *Penerapan Soft Computing Dengan MATLAB*. Bandung: Rekayasa Sains.
- Winanda, L.A.R, Adi, T.J., Anwar. N.A., Wahyuni, F.S. (2017). *Construction Safety Monitoring Based on The Project's Characteristic with Fuzzy Logic Approach*, *The 3rd International Conference on Construction and Building Engineering 2017* (pp. 070009-1 – 070009-10). Palembang, Indonesia.
- Winanda, L.A.R, Arifin, A., Adi, T.J., Arrofiqi, F., Anwar. N.A. (2020). *Development of Fuzzy Decision Support System for Accident Prevention Based on Worker Conditions and Project Environments*, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, Vol. 98 No. 24, (pp 4044 – 4060)