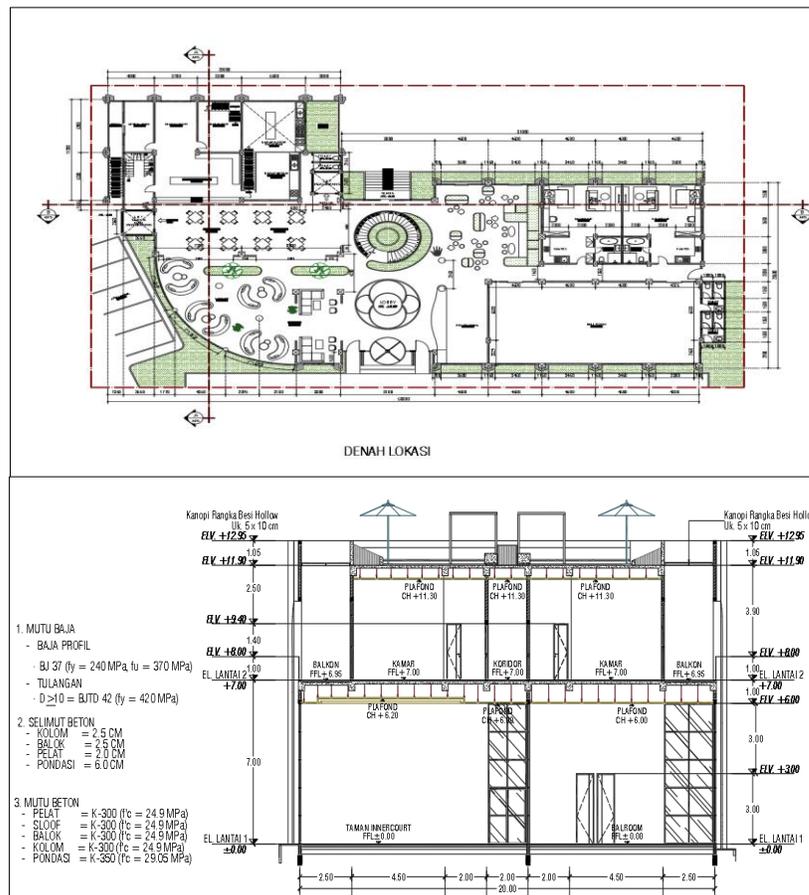


BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

4.1 Data Umum Proyek

Dalam rangka mendukung penyusunan dan pembahasan dalam tugas akhir ini, maka diperlukan adanya data dari obyek penelitian yang akan diteliti. Adapun data yang terlampir Proyek Pembangunan Hotel Garuda Nusantara terletak di JL. Komodor Udara Abdul Rachman Saleh, Desa Asrikaton, Kec Pakis, Kab. Malang, Jawa Timur. Adapun batas – batas geografis lokasi proyek ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Deskripsi Proyek

(Sumber : Data Proyek Data Proyek Hotel Garuda Nusantara)



Gambar 4. 2 Lokasi Proyek Hotel Garuda Nusantara

Sumber: Google Maps 2023

Pembangunan Hotel Garuda Nusantara merupakan proyek konstruksi gedung yang berlokasi di Jl. Komodor Udara Abdul Rachman Saleh, Desa Asrikaton, Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Bangunan ini difungsikan sebagai hotel dan direncanakan memiliki tiga lantai. Dari sisi teknis, proyek ini memiliki luas total 1.500 m² dengan ketinggian bangunan mencapai 16 meter. Struktur utama memanfaatkan beton bertulang sebagai material utama untuk memberikan kekuatan dan ketahanan. Sementara itu, pondasi yang digunakan adalah tipe bore pile, yang dipilih untuk menyesuaikan dengan kondisi tanah serta kebutuhan daya dukung bangunan bertingkat.

4.1.1 Profil Responden

Pada proses penelitian penulis sudah memilih beberapa responden yang memenuhi kriteria sesuai dengan jenis pekerjaan, masa kerja dan tingkat pendidikan.

Dalam penelitian ini penulis memperoleh data dari wawancara kepada semua responden yang memiliki keterlibatan dalam proyek pembangunan Hotel

Garuda Nusantara Malang, pemilihan responden dilakukan secara purposif berdasarkan fungsi dan keahlian dalam proyek tersebut, sehingga data yang diperoleh menjadi relevan dan mendetail. Selanjutnya, profil responden akan diuraikan sebagai berikut:

Responden berasal dari beberapa bidang konstruksi, termasuk Direktur Utama, pengawas lapangan, staf perencanaan, dan kontraktor yang melakukan pelaksanaan. Mayoritas responden memiliki pengalaman kerja, yang mencerminkan pemahaman dan partisipasi yang baik dalam proses pelaksanaan proyek konstruksi..

Wawancara dilakukan secara tatap muka di tempat proyek serta melalui platform digital, disesuaikan dengan ketersediaan waktu dan situasi responden. Seluruh informasi yang diperoleh dicatat dan dianalisis dengan pendekatan kuantitatif untuk menemukan faktor-faktor utama yang menyebabkan terlambatnya proyek.

4.2 Analisis Data Dengan Fuzzy Logic

Analisis dengan fuzzy logic ini digunakan untuk memperoleh penilaian akhir untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan dalam pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang. Tahapan dalam proses fuzzy adalah Fuzzyfikasi, Implikasi, Agregasi, Defuzzyfikasi. Untuk mempermudah proses perhitungan penulis dibantu dengan aplikasi MATLAB R2023b, berikut proses perhitungan fuzzy untuk menentukan nilai rating dari setiap kategori.

4.2.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzyfikasi)

Pembentukan himpunan fuzzy dilakukan dengan wawancara kepada pihak terkait, diuraikan penjelasan pada setiap variabel faktor Keterlambatan Proyek pada pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang, ada 7 Faktor yaitu, Faktor Biaya tingkatan (rendah, sedang, tinggi), Faktor Material tingkatan (rendah, sedang, tinggi), Faktor Pekerja tingkatan (rendah, sedang, tinggi), Faktor Persetujuan Owner

tingkatan (rendah, sedang, tinggi), Faktor Desain tingkatan (rendah, sedang, tinggi), Faktor Manajemen tingkatan (rendah, sedang, tinggi), Faktor Eksternal tingkatan (rendah, sedang, tinggi). Untuk mengetahui hasil akhir dari proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang akan dilakukan langkah selanjutnya yaitu proses defuzzyfikasi dengan cara merata-ratakan.

Responden yang dapat memberikan penilaian dalam wawancara berjumlah 14 orang responden yang terlibat langsung dalam pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang, dengan bobot penilaian sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Data Hasil Wawancara

Responden	Biaya	Material	Pekerja	Persetujuan Owner	Desain	Manajemen	Eksternal
Responden 1	7	6	3	7	7	2	5
Responden 2	6	7	3	7	6	3	5
Responden 3	6	7	2	8	7	5	5
Responden 4	6	7	3	8	7	3	7
Responden 5	7	7	3	8	6	4	6
Responden 6	7	7	3	8	7	3	5
Responden 7	6	7	3	7	8	4	5
Responden 8	7	7	4	8	7	2	1
Responden 9	7	7	6	5	7	3	4
Responden 10	7	6	3	6	7	3	4
Responden 11	7	7	3	7	8	3	4
Responden 12	6	6	4	8	7	3	5
Responden 13	6	6	4	8	7	3	5
Responden 14	6	7	4	7	7	2	5

Rata - rata	6	7	3	7	7	3	4
-------------	---	---	---	---	---	---	---

4.2.2 Perhitungan Penilaian Tingkat Keterlambatan

Perhitungan penilaian tingkat keterlambatan pada pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy logic yang dirancang dalam aplikasi MATLAB R2023b. Sistem ini menerima tujuh input utama yang telah dinilai berdasarkan hasil wawancara. Berikut tabel hasil wawancara:

Tabel 4. 2 Data & hasil Biaya

Kategori	Nilai
Biaya	
Biaya Pekerjaan	7
Perhitungan Biaya	7
Upah Kerja	7
Keuangan Internal	4
Rata-rata	6

Tabel 4. 3 Data & Hasil Material

Kategori	Nilai
Material	
Pengadaan Material	6
Kualitas Bahan	7
Harga Material	6
Kesesuaian Material	8
Rata-rata	7

Tabel 4. 4 Data & Hasil Pekerja

Kategori	Nilai
Pekerja	
Jumlah Pekerja	3
Kopetensi Pekerja	8
Konflik Antar Pekerja	1
Pekerja Malas	1
Rata-rata	3

Tabel 4. 5 Data & Hasil Persetujuan Owner

Kategori	Nilai
Persetujuan Owner	
Persetujuan Desain	7
Pengambilan Keputusan	7
Adanya Perubahan	8
Rata-rata	7

Tabel 4. 6 Data & Hasil Desain

Kategori	Nilai
Desain	
Perubahan Desain	8
Desain Susah Dipahami	1

Kategori	Nilai
Desain	
Kesalahan Desain	10
Rata-rata	6

Tabel 4. 7 Data & Hasil Manajemen

Kategori	Nilai
Manajemen	
Efektivitas Perencanaan	3
Koordinasi Lapangan	3
Pengawasan Lapangan	4
Koordinasi antar sdm	4
Perencanaan site layout	3
Rata-rata	3

Tabel 4. 8 Data & Hasil Eksternal

Kategori	Nilai
Eksternal	
Cuaca Buruk/Bencana Alam	2
Perizinan & Regulasi	6
Akses Lokasi	8
Efisiensi Koordinasi Lapangan	2
Rata-rata	4

4.2.3 Hasil Penilaian Setiap Kategori

Nilai rata-rata dari hasil penilaian responden terhadap setiap faktor penyebab keterlambatan proyek dijadikan sebagai data input dalam analisis menggunakan metode logika fuzzy pada MATLAB. Rata-rata ini merepresentasikan pandangan umum responden mengenai seberapa besar pengaruh masing-masing faktor. Selanjutnya, nilai tersebut dikonversi ke dalam kategori linguistik seperti rendah, sedang, atau tinggi sesuai dengan definisi himpunan fuzzy yang telah dirancang sebelumnya. Proses sistem fuzzy untuk mengolah data dan menghasilkan output berupa tingkat keterlambatan proyek, sehingga dapat diketahui bagaimana pengaruh kombinasi berbagai faktor terhadap kemungkinan keterlambatan proyek. Hasil penilaian pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang pada setiap kategori pada tabel 4.9

Tabel 4. 9 Data & Hasil Keseluruhan

No	Kategori	Nilai
1	Biaya	6
2	Material	7
3	Pekerja	3
4	Persetujuan Owner	7
5	Desain	7
6	Manajemen	3
7	Eksternal	4

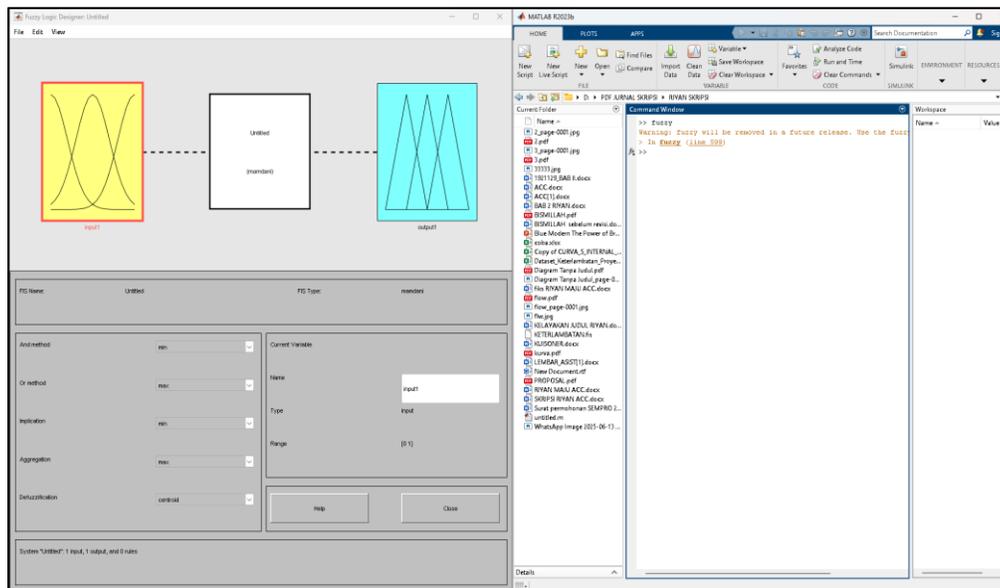
4.2.4 Tahap Perhitungan Keterlambatan Proyek Dengan Metode Fuzzy Logic

Tahap pertama dalam pembuatan fungsi keanggotaan dimulai dengan mengenali variabel input dan output, kemudian menentukan kategori linguistik (seperti rendah, sedang, tinggi). Selanjutnya, setiap kategori ini dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan dapat dikonversi menjadi derajat keanggotaan dalam rentang $[0,10]$. Proses ini sangat penting karena bentuk dan parameter fungsi seperti titik tengah dan lebar kurva secara langsung memengaruhi tingkat sensitivitas dan ketepatan sistem fuzzy. Variabel seperti keterlambatan proyek dikelompokkan ke dalam tiga kategori masing-masing seperti rendah, sedang, tinggi dan dirancang fungsi segitiga sebagai langkah awal dalam proses fuzzifikasi, sebelum melanjutkan ke tahap inferensi dan defuzzifikasi. (Kurnia Ningrum et al., 2023)

Variabel terbagi menjadi tiga himpunan fuzzy dengan nilai linguistik/interval yaitu rendah (0-4), sedang (3-7), tinggi (6-10) yang di peroleh dari hasil wawancara responden. Penilaian responden terhadap faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek, didapat dari hasil rata-rata dari setiap penilaian responden, berdasarkan rata-rata dari setiap penilaian yang diberikan. Hal ini membuat proses inferensi dalam sistem fuzzy menjadi lebih fleksibel dan mencerminkan realitas kondisi proyek secara lebih akurat. Nilai rata-rata tersebut yang akan digunakan sebagai range dari membership function.

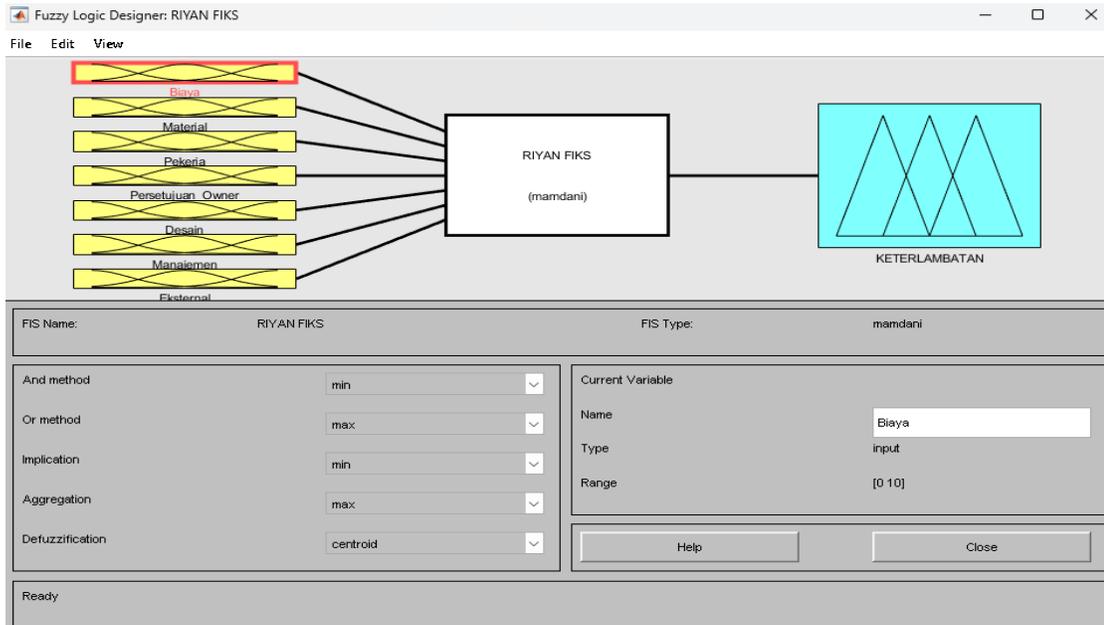
Tabel 4. 10 Fuzzy Number Input

Nilai Linguistik	Interval
Rendah	0-4
Sedang	3-7
Tinggi	6-10



Gambar 4. 3 Command Window Matlab

Tampilan awal dari fuzzy logic designer menampilkan tiga bagian yaitu input, kotak hitam, dan output. Input dan output di dapatkan dari hasil wawancara dari setiap kategori keterlambatan proyek. Kotak hitam disini yaitu menerima dari input lalu menghasilkan output, namun tanpa mengungkap proses detail internalnya atau secara default. Ruang output ini dapat dihasilkan dari ruang input. Proses ini dilakukan secara otomatis dari aplikasi Matlab sesuai dengan rules yang telah di buat sebelumnya. Selanjutnya adalah Mengelola FIS Editor digunakan untuk memasukan variabel input dan output penelitian. Dalam FIS Editor, pengguna bisa menambahkan variabel input, lalu variabel input yang digunakan yaitu biaya, material, pekerja, persetujuan owner, desain, manajemen, dan eksternal. Demikian pula, variabel output seperti tingkat keterlambatan juga dapat ditambahkan dan dinamai sesuai dengan kebutuhan penelitian. Setiap variabel kemudian dapat disesuaikan lebih lanjut dalam Membership Function Editor digunakan untuk menetapkan bentuk serta jumlah fungsi keanggotaan, kemudian setiap variabel dimasukkan ke dalam FIS sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4. 4 Hasil *FIS Editor*

Setelah menentukan variabel input dan output di FIS Editor, tahapan selanjutnya dalam merancang system fuzzy yaitu membuat fungsi keanggotaan untuk setiap variabel dengan menggunakan Membership Function Editor, Tahapan ini mempunyai peran penting dalam memastikan bagaimana setiap variabel mempresentasikan secara linguistic dalam sistem fuzzy.

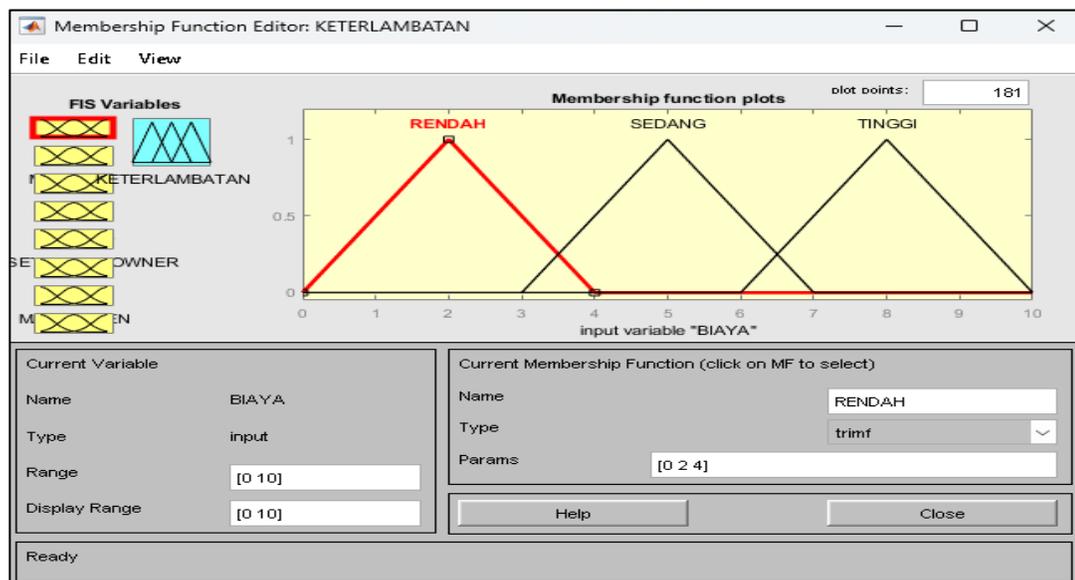
Penentuan rentang nilai pada fungsi keanggotaan dalam sistem fuzzy dilakukan berdasarkan hasil wawancara yang melibatkan seluruh responden yang terlibat secara langsung dalam kegiatan pembangunan proyek. Melalui wawancara tersebut, diperoleh informasi mengenai batas-batas nilai yang dianggap sesuai untuk menggambarkan kondisi “rendah,” “sedang,” dan “tinggi” dari masing-masing faktor yang dianalisis, seperti biaya, material, tenaga kerja, dan faktor eksternal lainnya.

Hasil wawancara kemudian diolah dan dijadikan acuan dalam menetapkan parameter fungsi keanggotaan pada masing-masing variabel input di MATLAB, menggunakan Membership Function Editor. Fungsi keanggotaan yang digunakan

berbentuk segitiga, dengan titik-titik batas yang disesuaikan berdasarkan persepsi umum dari seluruh responden. Berdasarkan hasil pengisian wawancara oleh responden pada faktor biaya, diperoleh rentang penilaian untuk masing-masing kategori linguistik. Kategori “rendah” berada pada rentang nilai 0 hingga 4, “sedang” pada rentang 3 hingga 7, dan “tinggi” berada pada rentang 6 hingga 10. Rentang ini ditentukan berdasarkan persepsi responden terhadap tingkat pengaruh kategori biaya terhadap keterlambatan proyek. Rincian lengkap pembagian rentang nilai tersebut disajikan pada Tabel 4.11, sedangkan bentuk visual dari fungsi keanggotaan segitiga yang digunakan untuk memodelkan variabel pekerja dapat dilihat pada Gambar 4. 3

Tabel 4. 12 pengkategorian faktor biaya

Kategori Faktor Biaya		
Rendah	Sedang	Tinggi
0 - 4	3 - 7	6 - 10

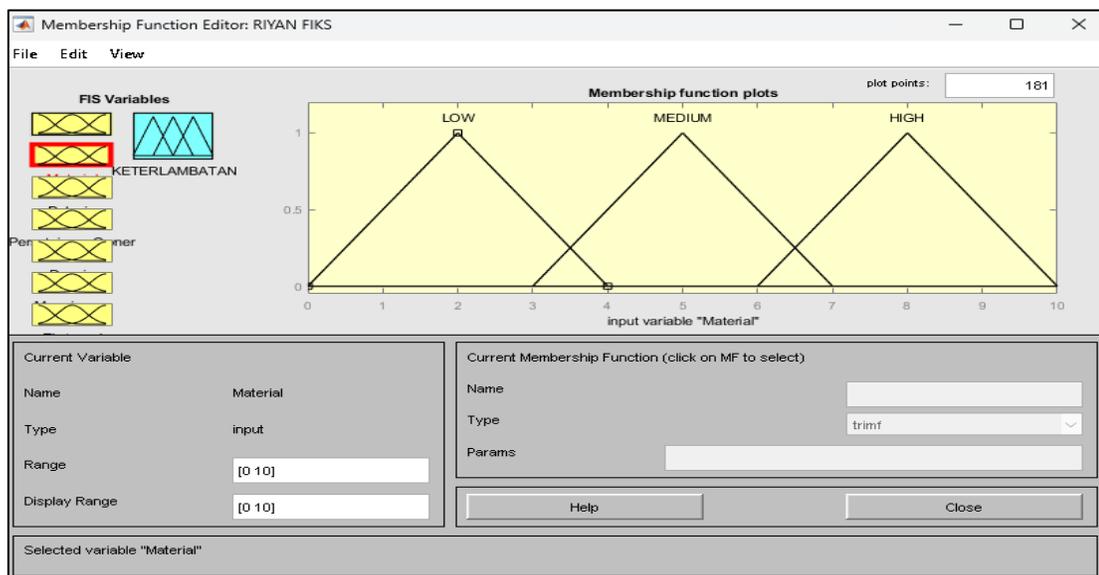


Gambar 4. 5 Membership Function Kategori Biaya

Untuk variabel material, hasil penilaian responden diklasifikasikan ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah pada rentang nilai 0–4, sedang pada rentang 3–7, dan tinggi pada rentang 6–10. Kategori rendah merepresentasikan kondisi yang sangat buruk, seperti keterlambatan pasokan atau material tidak sesuai spesifikasi. Kategori sedang menunjukkan bahwa ketersediaan material cukup mempengaruhi keterlambatan, misalnya keterlambatan minor atau stok terbatas. Sementara itu, kategori tinggi menunjukkan bahwa permasalahan material menjadi faktor utama yang sangat mempengaruhi keterlambatan proyek, seperti keterlambatan pengiriman besar-besaran atau kelangkaan material penting di lapangan..

Tabel 4. 13 pengkategorian Faktor Material

Kategori Faktor Material		
Rendah	Sedang	Tinggi
0 - 4	3 - 7	6 - 10

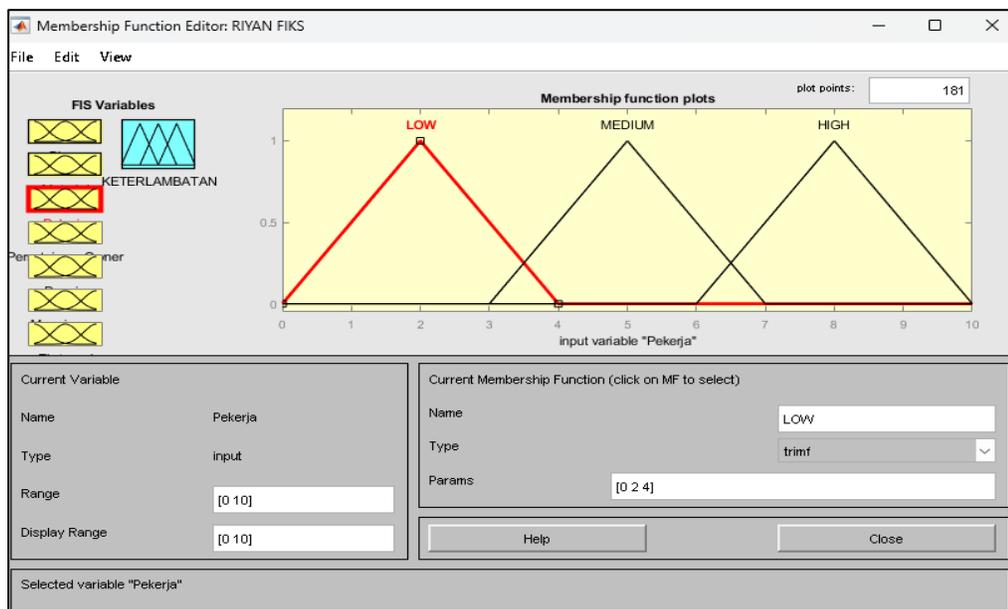


Gambar 4. 6 Membership Function Kategori Material

Pada variabel pekerja, penilaian responden diklasifikasikan ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah pada rentang nilai 0–4, sedang pada rentang 3–7, dan tinggi pada rentang 6–10. Kategori rendah mencerminkan kondisi yang sangat buruk, di mana tenaga kerja tidak mendukung kelancaran proyek. Kategori sedang menunjukkan bahwa faktor tenaga kerja cukup mempengaruhi keterlambatan proyek. Sedangkan kategori tinggi menandakan bahwa aspek tenaga kerja sangat mempengaruhi keterlambatan, menjadi salah satu penyebab utama deviasi waktu pelaksanaan. Bisa dilihat pada tabel Tabel 4. 13 untuk range penilaian dan Gambar 4.4 merupakan bentuk membership functionnya.

Tabel 4. 14 Pengkategorian Faktor Pekerja

Kategori Faktor Pekerja		
Rendah	Sedang	Tinggi
0 - 4	3 - 7	6 - 10

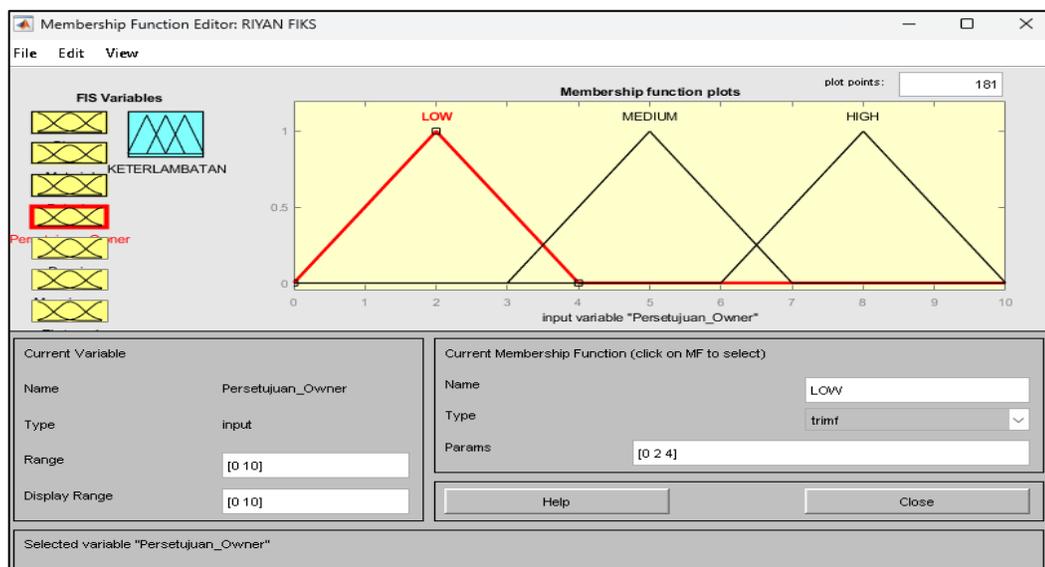


Gambar 4. 7 Membership Function Kategori Pekerja

Pada variabel persetujuan owner, penilaian responden dibagi ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah pada rentang 0–4, sedang pada 3–7, dan tinggi pada 6–10. Kategori rendah menggambarkan kondisi sangat buruk, seperti lambatnya proses persetujuan yang menghambat aktivitas proyek. Kategori sedang menunjukkan bahwa proses persetujuan dari owner cukup mempengaruhi keterlambatan, misalnya karena waktu tunggu yang tidak konsisten. Sedangkan kategori tinggi menunjukkan bahwa keterlambatan proyek sangat dipengaruhi oleh keputusan owner, seperti revisi yang mendadak atau persetujuan yang berlarut-larut. Bisa dilihat pada tabel Tabel 4. 13 untuk range penilaian dan Gambar 4.4 merupakan bentuk membership functionnya.

Tabel 4. 15 pengkategorian Faktor Persetujuan Owner

Kategori Faktor Persetujuan Owner		
Rendah	Sedang	Tinggi
0 - 4	3 - 7	6 - 10

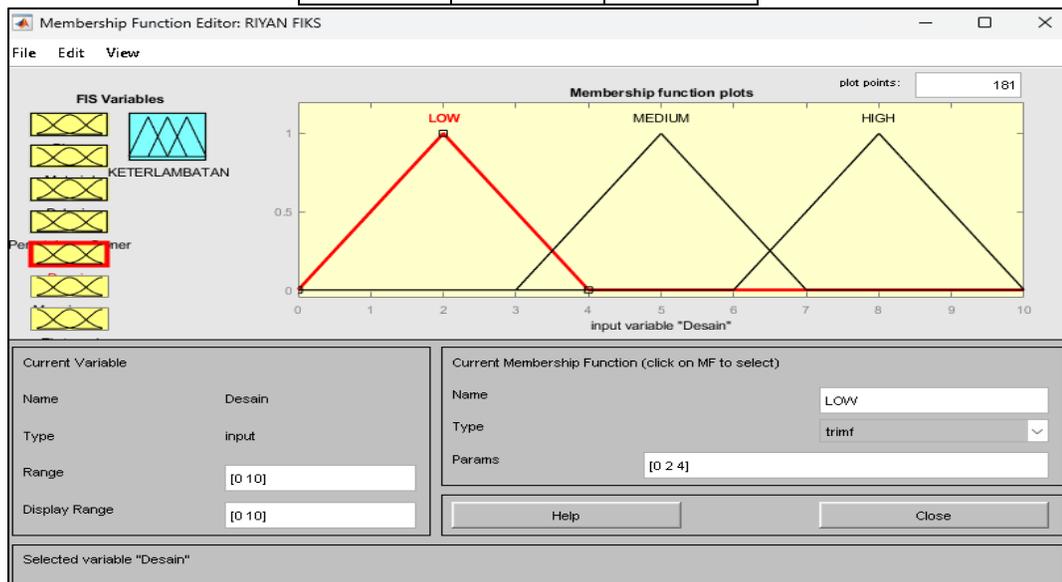


Gambar 4. 8 Membership Function Kategori Persetujuan Owner

Untuk variabel desain, responden mengelompokkan penilaian ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah pada rentang nilai 0–4, sedang pada 3–7, dan tinggi pada 6–10. Kategori rendah menunjukkan kondisi sangat buruk, misalnya desain awal belum siap saat pelaksanaan dimulai. Kategori sedang menandakan bahwa aspek desain cukup mempengaruhi keterlambatan, seperti adanya revisi minor di tengah proyek. Sementara kategori tinggi mencerminkan bahwa masalah desain sangat mempengaruhi keterlambatan, seperti perubahan besar di tengah pengerjaan atau ketidaksesuaian gambar kerja dengan kondisi lapangan. Bisa dilihat pada tabel Tabel 4. 15 untuk range penilaian dan Gambar 4.7 merupakan bentuk membership functionnya.

Tabel 4. 16 Pengkategorian Faktor Desain

Kategori Faktor Desain		
Rendah	Sedang	Tinggi
0 - 4	3 - 7	6 - 10

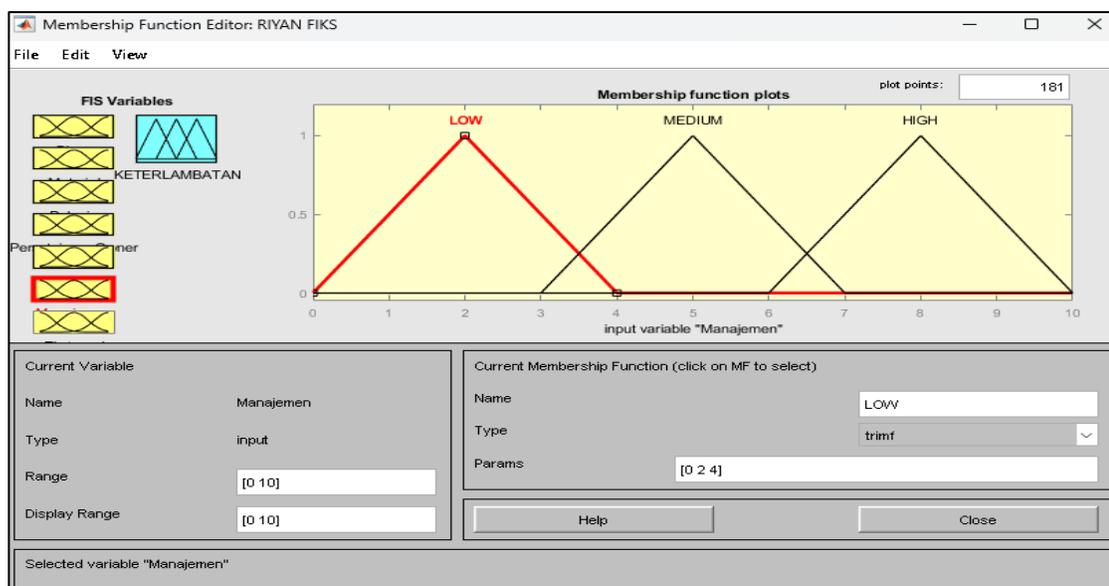


Gambar 4. 9 Membership Function Kategori Desain

Pada variabel manajemen, hasil penilaian responden diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu rendah pada rentang nilai 0–4, sedang pada 3–7, dan tinggi pada 6–10. Kategori rendah mencerminkan kondisi sangat buruk, seperti perencanaan yang tidak matang atau koordinasi antar tim yang lemah. Kategori sedang menunjukkan bahwa manajemen cukup mempengaruhi keterlambatan proyek, misalnya karena kurangnya pengawasan atau penjadwalan yang tidak optimal. Sedangkan kategori tinggi menandakan bahwa faktor manajemen sangat mempengaruhi keterlambatan, seperti kesalahan dalam pengambilan keputusan atau tidak efektifnya sistem pengendalian proyek. Bisa dilihat pada tabel Tabel 4. 16 untuk range penilaian dan Gambar 4.8 merupakan bentuk membership functionnya.

Tabel 4. 17 Pengkategorian Faktor Manajemen

Kategori Faktor Manajemen		
Rendah	Sedang	Tinggi
0 - 4	3 - 7	6 - 10

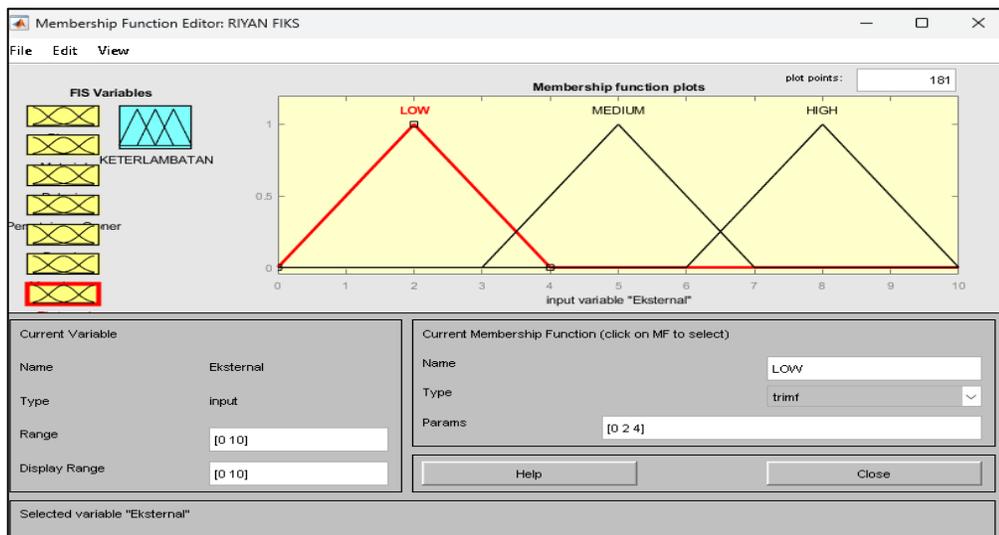


Gambar 4. 10 Membership Function Kategori Manajemen

Untuk variabel faktor eksternal, penilaian responden dikelompokkan ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah pada rentang 0–4, sedang pada 3–7, dan tinggi pada 6–10. Kategori rendah menunjukkan kondisi sangat buruk, seperti gangguan cuaca ekstrem atau bencana alam yang langsung menghambat proses konstruksi. Kategori sedang mencerminkan bahwa faktor eksternal cukup mempengaruhi keterlambatan, misalnya karena regulasi baru, izin yang tertunda, atau kondisi lalu lintas di lokasi proyek. Sedangkan kategori tinggi menunjukkan bahwa pengaruh eksternal sangat signifikan, seperti perubahan kebijakan pemerintah atau konflik sosial yang mengganggu pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Bisa dilihat pada tabel Tabel 4. 17 untuk range penilaian dan Gambar 4.9 merupakan bentuk membership functionnya.

Tabel 4. 18 Pengkategorian Faktor Eksternal

Kategori Faktor Eksternal		
Rendah	Sedang	Tinggi
0 - 4	3 - 7	6 - 10

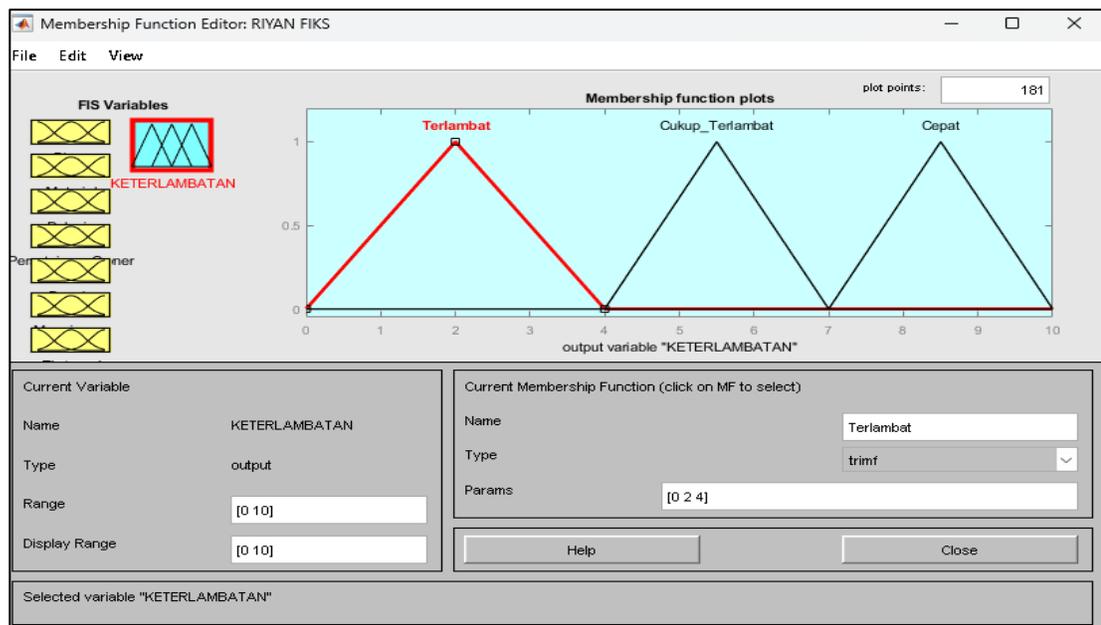


Gambar 4. 11 Membeship Function Kategori Eksternal

Pada variabel output, yaitu tingkat keterlambatan proyek, ditetapkan tiga kategori linguistik, yakni cepat, cukup terlambat, dan terlambat. Kategori cepat berada pada rentang nilai 0–4 dan menggambarkan kondisi di mana proyek selesai lebih awal atau tepat waktu. Kategori cukup terlambat berada pada rentang 3–7, menunjukkan adanya keterlambatan ringan hingga sedang yang masih dapat ditoleransi. Sedangkan kategori terlambat berada pada rentang 6–10, yang mencerminkan keterlambatan signifikan akibat berbagai faktor dominan yang menghambat penyelesaian proyek sesuai jadwal. Bisa dilihat pada tabel Tabel 4. 18 untuk range penilaian dan Gambar 4.10 merupakan bentuk membership functionnya.

Tabel 4. 19 Pengkategorian Faktor Keterlambatan

Kategori Faktor Keterlambatan		
Terlambat	Cukup Terlambat	Cepat
0 - 4	4 - 7	7 - 10



Gambar 4. 12 Membership Function Penilaian Keterlambatan

Setelah seluruh variabel input dan output sudah dimasukkan ke Membership Function Editor, selanjutnya yaitu Menyusun aturan fuzzy atau Rule Base dengan cara menyebarkan kuisisioner ke responden terpilih yang mampu mengisi rule tersebut. Dengan menggabungkan nilai Fuzzy (Fuzzyfikasi) yang mempunyai tingkatan yang sudah ditentukan, maka aturan rule untuk tingkat keterlambatan proyek dari ketujuh kategori (biaya, material, pekerja, persetujuan owner, desain, manajemen, eksternal). Terdapat 2187 rules untuk mendapatkan hasil penilaian.

Pengisian rule dalam sistem fuzzy dilakukan berdasarkan masukan dari para ahli (expert) di bidang manajemen proyek konstruksi. Namun, untuk memperoleh representasi yang lebih objektif dan mencerminkan kondisi lapangan secara keseluruhan, nilai-nilai yang digunakan dalam aturan (rule) tersebut diambil dari hasil rata-rata jawaban responden pada kuesioner. Dengan pendekatan ini, proses penyusunan rule tidak hanya mengandalkan pendapat individu, tetapi juga memperhitungkan persepsi kolektif dari berbagai pihak yang terlibat langsung dalam proyek. Hal ini bertujuan agar model fuzzy logic yang dibangun menjadi lebih akurat dan relevan terhadap kondisi sebenarnya di proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang.

Dari pembuatan rule sebanyak 2187 yaitu dilakukan secara manual berdasarkan dari setiap kategori. Rules ini berfungsi untuk menentukan nilai tingkat keterlambatan proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang. Dalam pembuatan rule pada sistem logika Fuzzy, yang bertujuan untuk menyatukan beberapa input fungsi “and” Digunakan untuk menghitung total dari setiap kategori beserta hasilnya hingga menghasilkan suatu nilai. keterlambatan proyek. Input ketujuh variabel keterlambatan proyek biaya, material, pekerja, persetujuan owner, desain, manajemen, eksternal untuk ketiga output

Terlambat (T), Cukup Terlambat (CT), dan Cepat (C) dijelaskan pembuatan rule infrensi tingkat keterlambatan proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang. Rule lengkap bisa dilihat di lampiran, berikut contoh :

IF (Biaya is Rendah/Low) **AND** (Material is Rendah/Low) **AND** (Alat is Rendah/Low) **AND** (Pekerja is Rendah/Low) **AND** (Persetujuan Owner is Rendah/Low) **AND** (Desain is Rendah/Low) **AND** (Manajemen is Rendah/Low) **AND** (Eksternal is Rendah/Low), **THEN** (Keterlambatan is Terlambat)

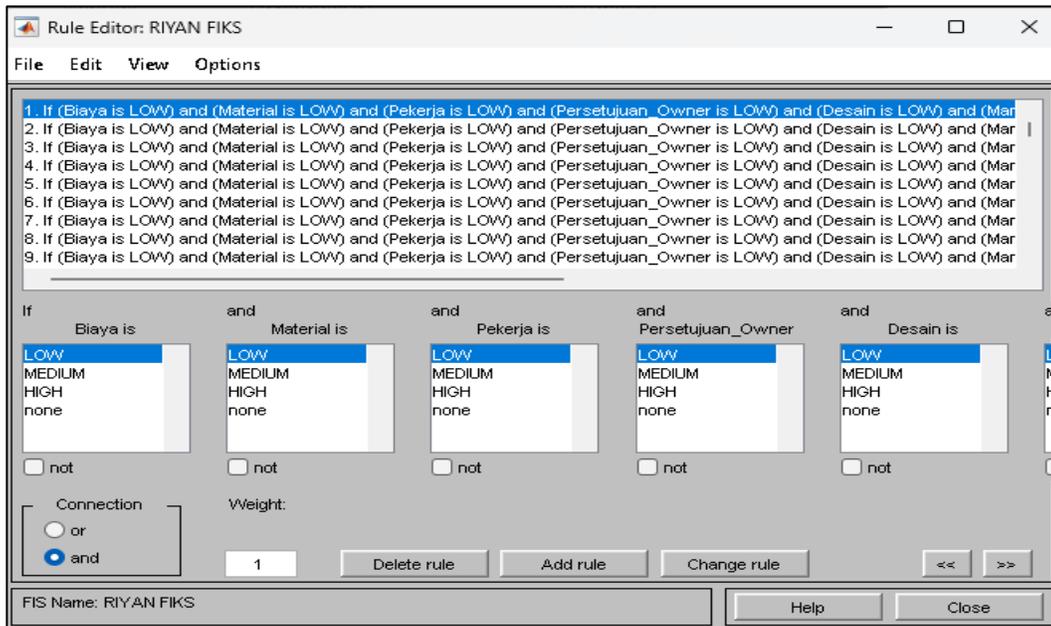
IF (Biaya is Rendah/Low) **AND** (Material is Rendah/Low) **AND** (Alat is Rendah/Low) **AND** (Pekerja is Rendah/Low) **AND** (Persetujuan Owner is Rendah/Low) **AND** (Desain is Rendah/Low) **AND** (Manajemen is Rendah/Low) **AND** (Eksternal is Sedang/Medium), **THEN** (Keterlambatan is Terlambat)

IF (Biaya is Rendah/Low) **AND** (Material is Rendah/Low) **AND** (Alat is Rendah/Low) **AND** (Pekerja is Rendah/Low) **AND** (Persetujuan Owner is Rendah/Low) **AND** (Desain is Rendah/Low) **AND** (Manajemen is Rendah/Low) **AND** (Eksternal is Tinggi/High), **THEN** (Keterlambatan is Terlambat)

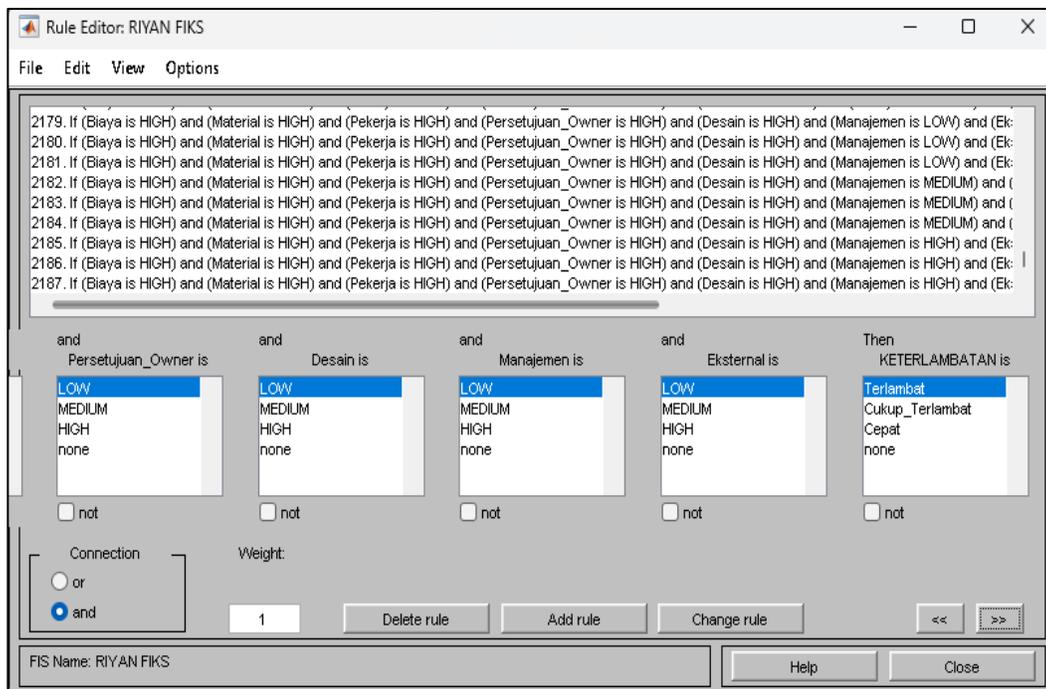
Tabel 4. 20 Rules Fuzzy System

Input								Output
No	Biaya	Material	Pekeja	Pers. Owner	Desain	Mnajemen	Eksternal	Keterlambatan
1	L	L	L	L	L	L	L	T
2	L	L	L	L	L	L	M	T
3	L	L	L	L	L	L	H	T
4	L	L	L	L	L	M	L	T
5	L	L	L	L	L	M	M	T
6	L	L	L	L	L	M	H	T
7	L	L	L	L	L	H	L	T
8	L	L	L	L	L	H	M	T
9	L	L	L	L	L	H	H	T
10	L	L	L	L	M	L	L	T

Input								Output
No	Biaya	Material	Pekeja	Pers. Owner	Desain	Mnajemen	Eksternal	Keterlambatan
11	L	L	L	L	M	L	M	T
12	L	L	L	L	M	L	H	T
13	L	L	L	L	M	M	L	T
14	L	L	L	L	M	M	M	T
15	L	L	L	L	M	M	H	CT
16	L	L	L	L	M	H	L	T
17	L	L	L	L	M	H	M	T
18	L	L	L	L	M	H	H	CT
19	L	L	L	L	H	L	L	T
20	L	L	L	L	H	L	M	T
21	L	L	L	L	H	L	H	T
22	L	L	L	L	H	M	L	T
23	L	L	L	L	H	M	M	T
24	L	L	L	L	H	M	H	T
25	L	L	L	L	H	H	L	T
26	L	L	L	L	H	H	M	T
27	L	L	L	L	H	H	H	CT
28	L	L	L	M	L	L	L	T
29	L	L	L	M	L	L	M	T
30	L	L	L	M	L	L	H	T
31	L	L	L	M	L	M	L	T
32	L	L	L	M	L	M	M	CT
33	L	L	L	M	L	M	H	CT
34	L	L	L	M	L	H	L	CT
35	L	L	L	M	L	H	M	C
36	L	L	L	M	L	H	H	C
37	L	L	L	M	M	L	L	T
38	L	L	L	M	M	L	M	T
39	L	L	L	M	M	L	H	T
40	L	L	L	M	M	M	L	T
41	L	L	L	M	M	M	M	CT

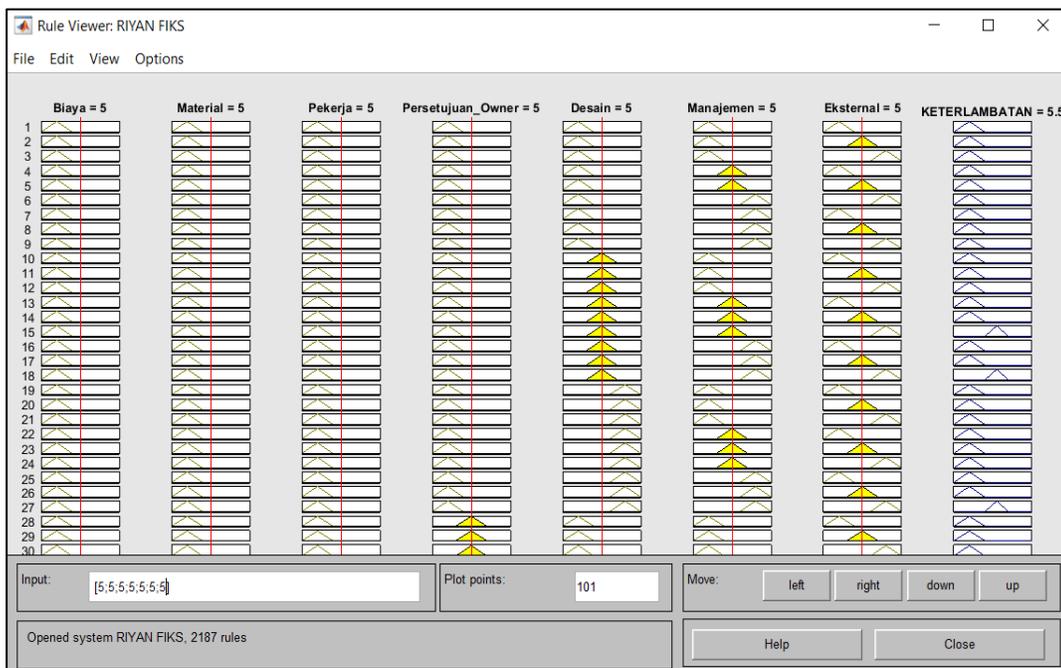


Gambar 4. 13 Penentuan Rule



Gambar 4. 14 Hasil Pengolahan Rule Editor

Gambar 4.15 merupakan hasil dari pengolahan dari ketujuh variabel untuk dijadikan rules penelitian ini, langkah selanjutnya yaitu defuzzyfikasi dengan mengklik rule view. Dari hasil penilaian fuzzy maka secara otomatis akan keluar nilai yang diharapkan. Dari hasil defuzzyfikasi apakah nilai tersebut adalah nilai yang dicari apakah termasuk kategori Terlambat, Cukup Terlambat, dan Cepat.



Gambar 4. 15 Hasil Matlab Fuzzifikasi-Inferensi-Defuzzyfikasi

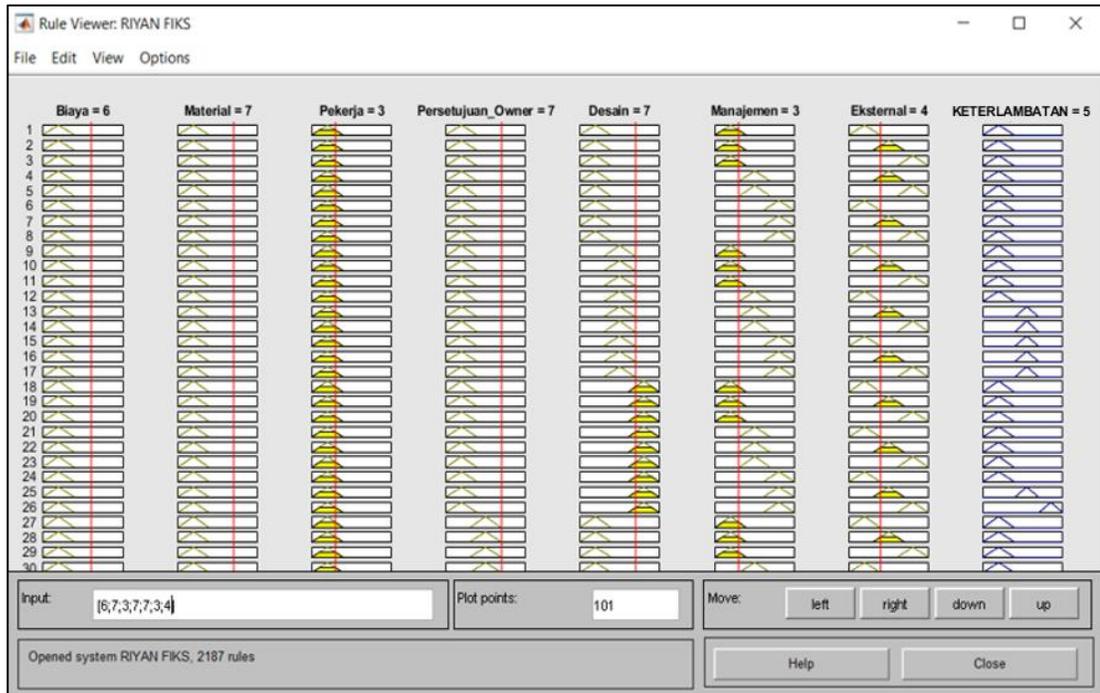
Dari hasil defuzzyfikasi pada gambar 4.15 maka di dapatkan nilai pada kategori Biaya yaitu lima dengan kategori (sedang) dikarenakan keterlambatan dalam perhitungan biaya, pembayaran upah kerja yang tidak stabil, kondisi keuangan internal kontraktor lag down, kategori Material dengan nilai lima kategori (sedang) dikarenakan pengadaan material yang kurang efisien, kualitas bahan tidak sesuai dengan spesifikasi, adanya kenaikan harga bahan material tertentu, ketidak sesuaian antara material, kategori Pekerja dengan nilai lima kategori (sedang) dikarenakan

jumlah pekerja yang tidak selalu memadai, kompetensi pekerja yang kurang baik, terjadinya konflik antar pekerja, kurangnya motivasi dan disiplin kerja, kategori Persetujuan Owner dengan nilai lima kategori (sedang) dikarenakan waktu persetujuan yang lama, lambatnya pengambilan keputusan dari owner, adanya revisi atau perubahan dari owner, kategori Desain dengan nilai lima kategori (sedang) dikarenakan terjadi perubahan desain di tengah proyek sedang berjalan, desain susah dipahami, adanya kesalahan dalam desain awal, kategori Manajemen dengan nilai lima kategori (sedang) dikarenakan efektivitas perencanaan yang belum maksimal, koordinasi lapangan kurang konsisten, pengawasan lapangan tidak diperhatikan, kategori Eksternal dengan nilai (sedang) dikarenakan perizinan yang tidak selalu lancar, efisiensi koordinasi lapangan yang dipengaruhi oleh faktor luar. Selanjutnya didapatkan hasil output faktor keterlambatan dengan nilai 5,5 kategori cukup terlambat.

4.3 Hasil Analisis Data

Gambar 4. 16 merupakan hasil pengisian dari responden untuk setiap kategori, pada kategori Biaya dengan nilai enam kategori (sedang) dikarenakan perencanaan anggaran kurang tepat, estimasi awal kurang akurat, keterlambatan pembayaran upah, menghemat biaya pekerjaan, kategori Material dengan nilai 7 kategori (sedang) dikarenakan terjadi keterlambatan dalam proses pengadaan material, kualitas material tidak sesuai, kategori Pekerja dengan nilai tiga kategori (rendah) karena jumlah tenaga kerja yang sangat sedikit, kategori Persetujuan Owner dengan nilai tujuh kategori (sedang) karena waktu persetujuan desain susah, banyak terjadi perubahan dari owner, kategori Desain dengan nilai 3 kategori (sedang) adanya perubahan desain, pekerja cukup susah memahami desain, kategori Manajemen dengan nilai 3 kategori (rendah) efektivitas perencanaan yang buruk, kurangnya koordinasi lapangan, pengawasan lapangan kurang ketat, tidak ada koordinasi antar sumberdaya, perencanaan site layout

sangat buruk, kategori Eksternal dengan nilai empat kategori (sedang) perizinan yang susah untuk memberi keputusan, kurangnya efisiensi koordinasi lapangan.



Gambar 4. 16 Hasil Analisis Data Responden

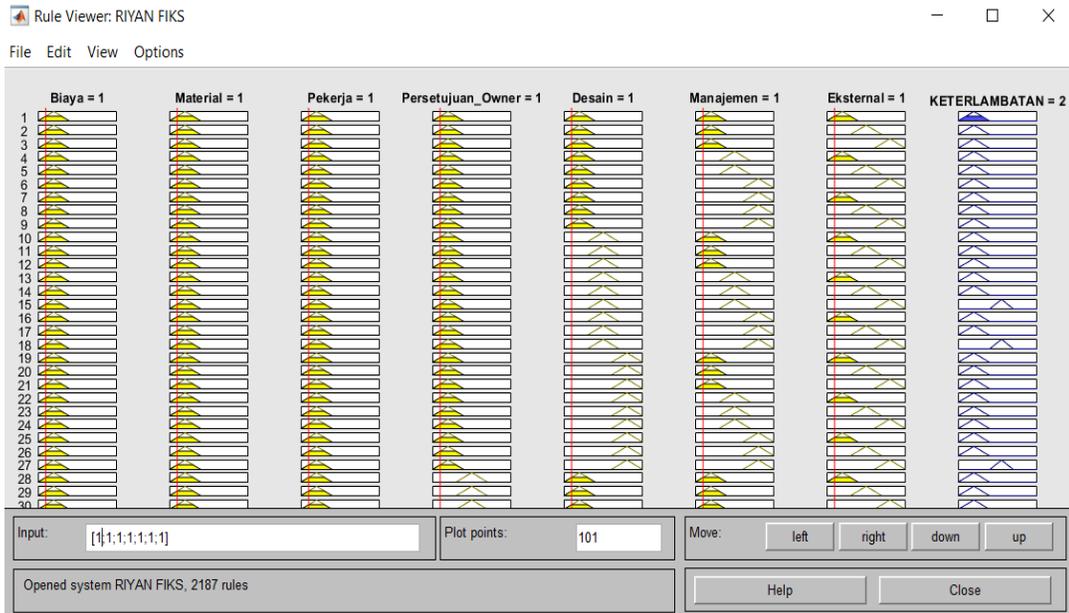
Hasil analisis fuzzy logic di aplikasi MATLAB memberikan hasil kriteria yang telah diterapkan pada pembangunan proyek Hotel Garuda Nusantara Malang dari setiap kategori. Dari hasil analisis terhadap data penilaian responden, proyek pembangunan Hotel Garuda Nusantara Malang berada di angka 5 yang termasuk dalam kategori cukup terlambat. Ini mengindikasikan bahwa menurut penilaian responden, faktor-faktor penyebab keterlambatan memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap waktu penyelesaian proyek dari rencana awal.

4.4 Simulasi Setiap Kategori

Simulasi pada sistem fuzzy dilakukan untuk memahami bagaimana kombinasi berbagai faktor input dapat mempengaruhi tingkat keterlambatan suatu proyek. Setiap

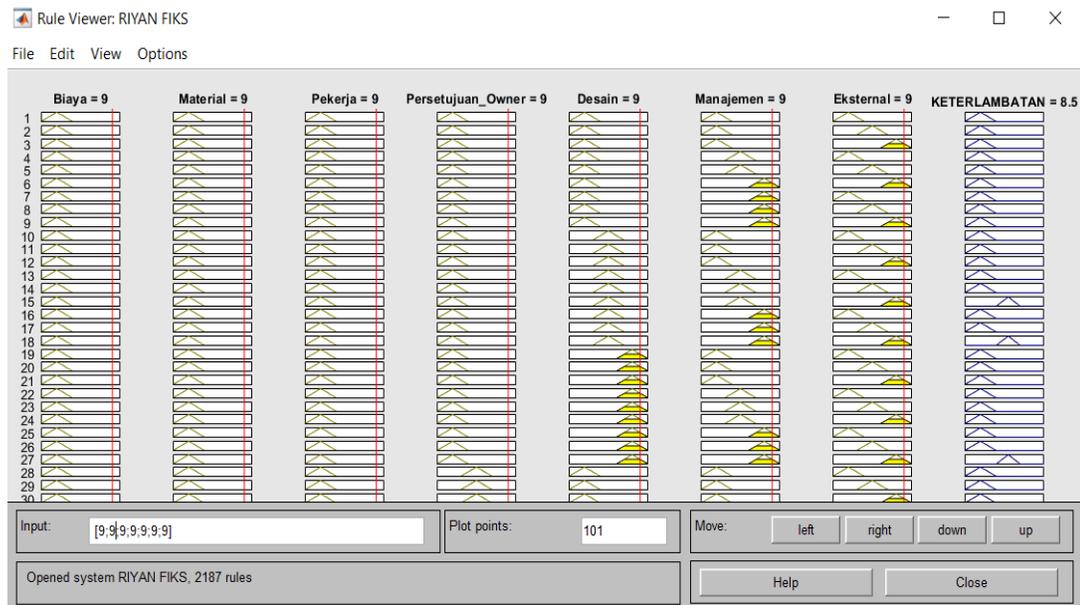
variabel input, seperti biaya, material, jumlah pekerja, persetujuan dari pemilik, desain, manajemen, serta eksternal, dikategorikan dalam tiga kategori linguistik: rendah, sedang, dan tinggi. Proses simulasi dilakukan dengan bantuan Rule Viewer yang menunjukkan hasil inferensi fuzzy berdasarkan penggabungan nilai input yang dimasukkan. Ketika input berada pada level rendah, bagaimana simulasi dari fuzzy untuk membaca outputnya. Sebaliknya, apabila input berada pada level tinggi, bagaimana simulasi dari fuzzy untuk membaca outputnya. Hal ini menggambarkan bahwa penyebab keterlambatan mulai menjadi perhatian, namun belum sampai pada kondisi yang sangat kritis. Dengan menerapkan metode fuzzy, sistem mampu memberikan model yang fleksibel dan realistis terhadap kondisi di lapangan yang bersifat tidak pasti dan subjektif. Simulasi tersebut mendukung evaluasi keadaan proyek dan memberikan wawasan mengenai potensi risiko keterlambatan berdasarkan penilaian dari berbagai faktor secara bersama-sama. penulis mengambil contoh dari hasil simulasi tersebut untuk memberikan gambaran yang lebih jelas terhadap hasil analisis sistem fuzzy, penulis mengambil empat contoh simulasi dari total data yang telah dicoba. Pemilihan contoh ini mewakili kondisi pada semua kategori berada di kategori rendah, semua kategori berada di kondisi tinggi, dan seluruh variabel input berada dalam kondisi kombinasi antara rendah dan tinggi.

Hasil simulasi menggunakan metode fuzzy logic mengindikasikan adanya perbedaan yang mencolok antara kategori rendah dan tinggi dalam memengaruhi tingkat keterlambatan proyek. Pada simulasi pertama apabila semua kategori yang meliputi biaya, material, pekerja, persetujuan owner, desain, manajemen, dan eksternal berada pada level yang rendah atau bermasalah. Maka output yang di hasilkan berada di kategori terlambat.



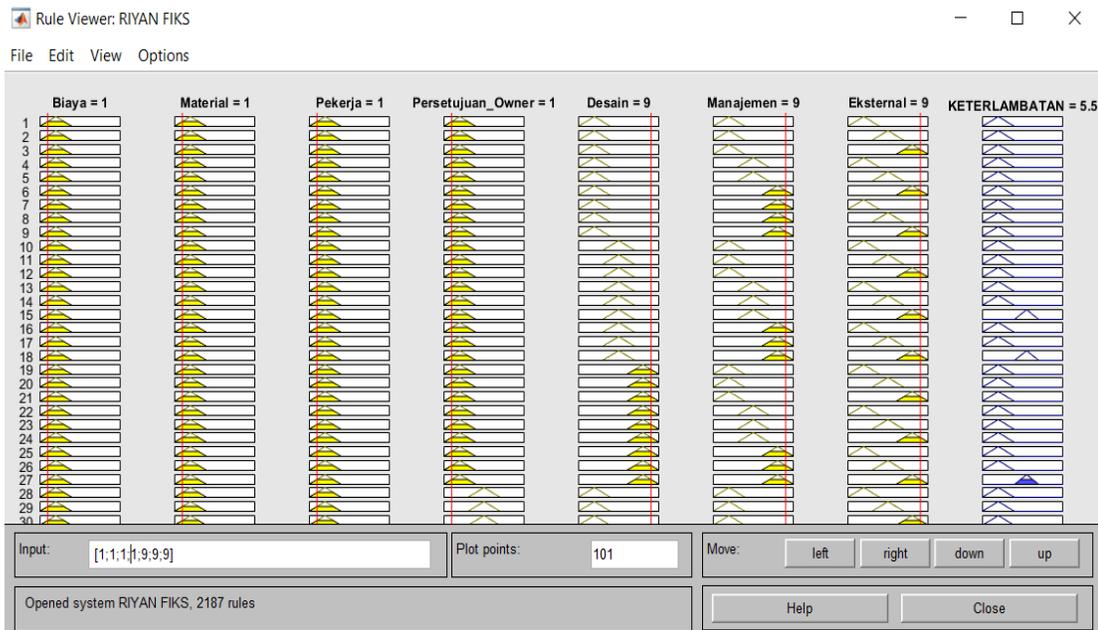
Gambar 4. 17 Gambar Simulasi Pertama

Sebaliknya, simulasi pada kategori tinggi mencerminkan situasi yang baik dari semua kategori yang meliputi, biaya, material, pekerja, persetujuan owner, Desain, Manajemen, eksternal. Maka output yang di dihasilkan berada di kategori cepat yang berarti pada proyek tersebut tidak ada kendala keterlambatan proyek.



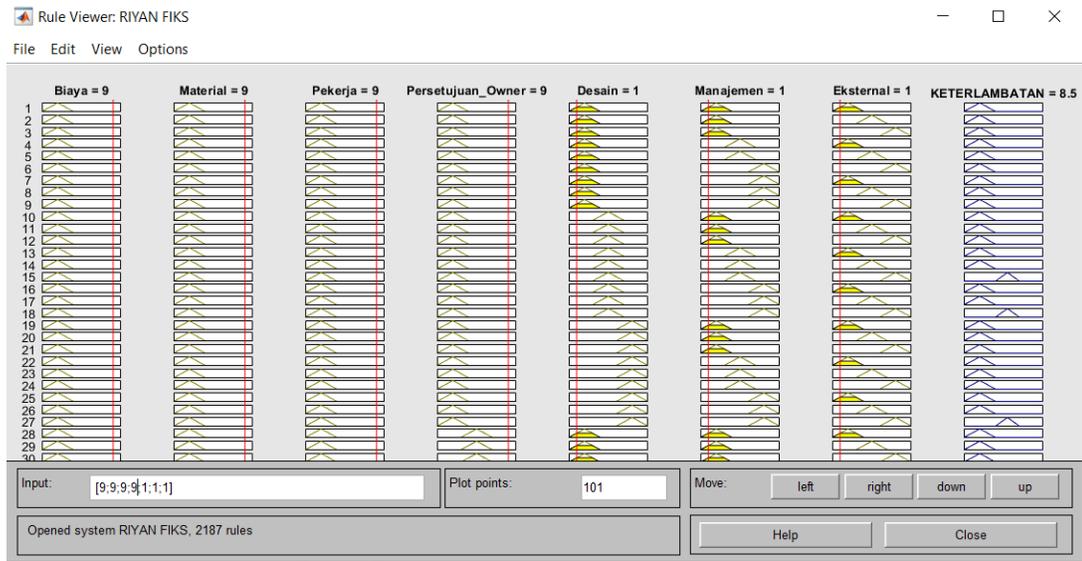
Gambar 4. 18 Gambar Simulasi Kedua

Pada simulasi selanjutnya apabila empat kategori yang meliputi biaya, material, pekerja, persetujuan owner, berada di kategori buruk dan pada kategori desain, manajemen, dan eksternal berada pada level yang tinggi atau baik. Maka output yang di dihasilkan berada di kategori cukup terlambat.



Gambar 4. 19 Gambar Simulasi ketiga

Pada simulasi selanjutnya apabila empat kategori yang meliputi biaya, material, pekerja, persetujuan owner, berada di kategori baik dan pada kategori desain, manajemen, dan eksternal berada pada level yang rendah atau buruk. Maka output yang di dihasilkan berada di kategori cepat.



Gambar 4. 20 Gambar Simulasi Keempat

Tabel 4. 21 Hasil Simulasi

NO	Kategori							output
	Biaya	Material	Pekerja	Persetujuan owner	Desain	Mnajemen	eksternal	Keterlambatan
1	1	1	1	1	1	1	1	2
2	1	1	1	9	9	9	9	8.5
3	1	1	1	1	9	9	9	5.5
4	1	9	9	9	1	1	1	2
5	1	1	9	9	9	1	1	2
6	1	1	1	9	1	1	1	2
7	9	9	1	1	1	9	9	8.5
8	1	9	9	9	9	9	9	8.5
9	9	9	1	1	1	1	1	2
10	9	2	9	9	9	9	9	8.5
11	9	9	9	1	1	1	1	2
12	9	9	9	9	1	1	1	8,5
13	9	9	1	1	9	9	9	8,5
14	9	9	9	9	1	1	1	8,5
15	9	9	9	9	9	9	9	8,5

Dari hasil keempat simulasi tersebut dengan menggunakan metode fuzzy logic menunjukkan bahwa tingkat keterlambatan proyek dipengaruhi oleh gabungan dari ketujuh kategori faktor utama yaitu biaya, material, pekerja, persetujuan owner, desain, manajemen dan eksternal. Ada empat kategori yang memiliki dampak paling besar terhadap keterlambatan proyek yaitu pada faktor biaya, material, pekerja, dan persetujuan owner, Proyek tetap berisiko terlambat meskipun faktor lain dalam kondisi baik jika keempat faktor tersebut bermasalah, Namun, apabila keempatnya dalam kondisi baik, proyek masih bisa berjalan lancar meskipun faktor lainnya kurang optimal. Dengan demikian, keempat faktor ini merupakan komponen paling krusial dalam mencegah keterlambatan proyek dan perlu menjadi fokus utama dalam proses perencanaan dan pengendalian proyek.

Perbandingan hasil ini memperlihatkan bahwa fuzzy logic efektif dalam menggambarkan antara tingkat permasalahan yang terjadi dan besar kecilnya keterlambatan proyek. Oleh karena itu, hasil simulasi ini dapat dijadikan acuan dalam pengambilan kebijakan oleh manajemen proyek, khususnya dalam menentukan prioritas perbaikan pada faktor-faktor utama penyebab keterlambatan.