

REVIEW AND THE STATE OF THE ART PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL DENGAN MODEL FUZZY LOGIC

Moch. Duddy Studyana

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir Ds. Ciwaruga Kotak Pos 1234 Bandung 40012
Email: Study_lembur@yahoo.co.id

ABSTRAK

Masalah klasik kondisi lalu-lintas perkotaan adalah sering timbulnya kemacetan (*jam*), antrian (*queue*), penurunan kapasitas simpang (*drop capacity*) dan waktu tunggu (*delay time*) yang lama saat melewati persimpangan. Keberhasilan dalam menangani suatu persimpangan akan menjadikan tolak ukur guna mengevaluasi kinerja simpang (*intersection performance*). Kenyataan yang terjadi dilapangan pengaturan sinyal lalu-lintas (*traffic light*) seringkali dilakukan dengan melibatkan berdasarkan variabel yang bersifat numerik atau kuantitatif, padahal variabel yang bersifat linguistik atau kualitatif sering diabaikan dan ada kecenderungan tidak pernah dipertimbangkan.

Ternyata penggunaan model fuzzy logic dapat memberikan kontribusi cukup besar dalam menangani kondisi persimpangan bersinyal, terutama pada penelitian ini dievaluasi terhadap waktu sinyal tetap (*fixed time signal*) dan simpang yang terisolasi (*isolated intersection*), karena dapat melibatkan analisa kombinasi variabel numerik dan linguistik.

Hasil review dan penelaahan secara *the state of the art* dari beberapa penelitian terdahulu, diharapkan akan menjadi terobosan baru untuk memberikan solusi terbaik bagi pengaturan sinyal lalu-lintas, khususnya simpang terisolasi yang berada di Indonesia.

Kata Kunci: *fuzzy logic, review, the state of the art*

I. Pendahuluan

Setiap kota besar seringkali mengalami terjadinya kemacetan dan kesemrawutan lalu-lintas pada hampir disetiap ruas serta persimpangan jalan, saat kondisi jam sibuk (*peak hour*) volume lalu-lintas bisa sangat tidak terkendali. Apalagi saat memasuki wilayah persimpangan, semua orang cenderung untuk saling mendahului dan segera meloloskan diri dari konflik kendaraan di persimpangan. Ini akan menjadi menarik untuk dilakukan analisa mengingat pada saat memasuki persimpangan sering terjadi konflik dan menyebabkan kendaraan tidak dapat bergerak karena saling mengunci (*deadlock*), maka yang akan terjadi dapat menyebabkan kemacetan (*jam*) dan antrian (*queue*) yang sangat panjang pada setiap lengan simpang, dan akan meningkatkan waktu tunggu (*delay time*) kendaraan yang cukup lama, juga akan menurunkan kapasitas simpang. Untuk mengatasi kemacetan dan kesemrawutan lalu-lintas tersebut diatas

diperlukan suatu sistem penentuan sistem sinyal dan pengaturan lalu-lintas yang baik serta sangat berpengaruh pada kelancaran, kenyamanan, dan keselamatan bagi kendaraan saat melewati simpang jalan tersebut.

Sistem kontrol sinyal lalu-lintas dengan model *fuzzy logic*, menurut L.T. Wannige dan D.U.T. Sonnadara (2008) adalah penggunaan kontrol sinyal dengan melibatkan input variabel seperti *delay time, density, flow rate* dan *queue length* melalui rata-rata arus kendaraan pada masing-masing lajur. *Fuzzy logic* adalah konsep berkesinambungan eksternal dengan kombinasi subyektif dan obyektif secara ilmu pengetahuan.

Pengertian dari pemakaian kontrol *fuzzy logic* dijelaskan oleh Mojtaba Salehi dkk (2014), adalah pemakaian linguistik “kata” misalnya: “jenuh”, “kurang”, “lama” yang sejalan dengan fikiran manusia. Pada umumnya bentuk

linguistik dalam transportasi sering tidak diketahui karena seringkali parameternya tidak jelas, seperti terjadi dua penafsiran berbeda (*ambiguity*), ketidakpastian (*uncertainty*), pengaruh lainnya (*imprecision*) atau subyektif (*subjectivity*). Ini biasanya akan terjadi bagi pengemudi, pejalan atau operator yang harus mengambil keputusan dilapangan, jadi ternyata informasi secara linguistik sangat berpengaruh secara subyektif karena menyangkut pengetahuan, persepsi atau mengambil keputusan.

Seperti kita ketahui teori yang digunakan untuk menyelesaikan masalah kemacetan lalu-lintas khususnya pada persimpangan diperlukan parameter arus kendaraan secara numerik atau kuantitatif, penanganan analisa kondisi tersebut dapat digunakan teori arus lalu-lintas (*traffic flow theory*). Ternyata kenyataan yang terjadi parameter lalu-lintas bisa bersifat kualitatif atau linguistik, misalnya arus kendaraan dikategorikan “padat”, “normal” dan “sedikit”, sehingga penanganannya perlu dilakukan penyelesaian menggunakan teori logika *fuzzy* (*fuzzy logic theory*).

Fuzzy logic systems dapat digunakan untuk analisa teknik transportasi, model kontrol sinyal lalu-lintas, pemakaian rute kendaraan, penjadwalan, analisa kecelakaan dan analisa pencegahannya, pertimbangan tingkat layanan, transportasi udara dan aplikasi transportasi sungai. Elemen dasar yang dipergunakan adalah *fuzzy set theory*, *fuzzy logic*, *fuzzy inference*, *fuzzifier*, *defuzzifier*, termasuk konektifitas antara *fuzzy logic* dan *probability theory*, tentunya elemen tersebut dapat dipergunakan dalam analisa sinyal lalu-lintas persimpangan.

Bahasan penelitian berdasarkan data kualitatif telah dikemukakan oleh beberapa pakar transportasi dengan aplikasi teori fuzzy seperti, Abbas dan Salem (2012) mengemukakan gagasan penggunaan teori fuzzy guna mengontrol penambahan waktu hijau berdasarkan interval waktu kendaraan darurat (*emergency car*) saat melewati simpang, termasuk pengaturan waktu hijau (*on/off*) bagi pedestrian pada saat ambulance lewat. Gagasan lainnya oleh Pothai Vonglao (2007) mengaplikasikan teori fuzzy untuk menganalisis optimasi variabel lalu-lintas simpang dan menghitung panjang tiap waktu phase pada siklus (*cycle time*). Begitu halnya

yang dikemukakan oleh Jarkko dan Marko (2000) teori fuzzy digunakan untuk analisis penambahan waktu perpanjangan hijau untuk public transport. Sedangkan Alghamdi dan Eren (2013) teori fuzzy untuk menganalisis pengendalian kecepatan kendaraan dan masalah kemacetan simpang, ini hampir sama seperti yang dikemukakan oleh Peng dan Dong (2013) juga oleh Mojtaba Salehi dkk (2014).

Seringkali kondisi persimpangan bersinyal sudah tidak sesuai dengan harapan, seperti waktu menyala sinyal lalu-lintas untuk waktu hijau (*green time*) terlalu cepat atau terlalu lama, waktu merah (*red time*) sangat lama, antrian kendaraan terjadi disetiap lengan simpang, waktu tunggu (*delay time*) bagi kendaraan terlalu lama dan tidak ada prioritas bagi kendaraan umum (*public transport*) untuk segera melewati simpang, agar kinerja persimpangan bersinyal menjadi lebih baik maka perlu dilakukan optimalisasi untuk variabel tersebut.

II. Kajian Pustaka

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh Sonya (2008) dan Abbas (2012) terlihat dengan jelas bahwa kedua penelitian ini mempunyai kelebihan dalam hal pengukuran waktu hilang (*loss time*) secara mendetail.

Pengertiannya dengan pemakaian alat TTCD (*Traffic Time Counter Display*) dapat diukur berapa besar waktu hilang awal (*start loss time*) dan waktu hilang akhir (*end loss time*), ini sangat dibutuhkan dalam rangkaian waktu siklus (*cycle time*) agar kendaraan dapat meloloskan diri dari area simpang idealnya terjadi pengosongan untuk selanjutnya diisi oleh fase lengan berikutnya sehingga tidak terjadi konflik ditengah simpang.

Penentuan kedua *loss time* ini juga akan memberikan kontribusi untuk pengaturan waktu hijau aktual (*actual green time*) dan waktu hijau efektif (*effective green time*), harapannya dengan memberikan informasi awal kepada pengendara lamanya waktu menyala masing-masing warna akan membuat setiap orang lebih tertib dan waspada untuk berlalu-lintas, khususnya pada saat mendekati wilayah persimpangan dengan tidak melakukan pelanggaran lalu-lintas, sehingga tidak merugikan pengguna jalan lainnya.

Penelitian Paotthai Vonglao (2007) terlihat dengan jelas kelebihanya, yakni pada saat mengatasi kemacetan simpang ditinjau dari berbagai variabel pendukung artinya jumlah variabel untuk analisa cukup banyak malahan dengan melibatkan variabel kualitatif untuk memperkuat dasar analisis.

Sebagai gambaran saat melakukan perhitungan fase dapat digunakan berbagai analisa melalui teori arus (*flow theory*) juga dengan fuzzy theory dan ternyata ini menghasilkan panjang waktu masing-masing fase untuk arus terlindung (*unopposite*) dan terlawan (*opposite*) dalam suatu siklus lebih rinci dan akurat.

Kelebihan lainnya setiap input data yang diperoleh dilakukan pengujian dan validitas dengan berbagai teori statistika, sehingga ini akan menjamin kebenaran data secara empiris dan akhirnya diharapkan hasil analisa tingkat kesalahan (*error*) semakin kecil dengan demikian tingkat akurasi akan semakin meningkat.

Ternyata keberadaan kondisi suatu simpang juga perlu diperhatikan yakni dengan melihat lingkungan sekitarnya seperti wilayah perkantoran, bisnis, pendidikan atau pusat perbelanjaan dan ini merupakan fungsi integral dari pusat gravitasi atau pusat kegiatan (*central of gravity*).

Pendapat Jarkko N dan Marko M (2000) mempunyai kelebihan dalam hal pengaturan mobilitas kendaraan bis (*public transport*) ini jelas sangat bermanfaat sekali untuk memberikan pelayanan lebih bagi masyarakat pengguna angkutan umum sehingga waktu tempuh perjalanan akan lebih cepat, dan diharapkan akhirnya masyarakat akan lebih tertarik menggunakan moda bis untuk melakukan aktifitas sehari-hari.

Tentu ini akan berdampak pada pengurangan pemakaian kendaraan pribadi dan bisa mengurangi jumlah arus lalu-lintas yang bergerak di ruas atau simpang jalan dan secara tidak langsung berdampak pada berkurangnya tingkat kemacetan, juga dapat meminimasi antrian kendaraan simpang, memperpendek waktu tunggu rata-rata simpang dan meningkatkan kapasitas simpang.

Penggunaan model *fuzzy logic* dalam memberikan skala prioritas untuk *public transport* ternyata hasilnya sangat baik, karena

melalui informasi numerik berdasarkan persepsi.

Penelitian Alghamdi dan Eren (2013) mempunyai kelebihan dalam mengontrol kecepatan kendaraan dan masalah kemacetan yang ditinjau dari sudut *fuzzy logic*, padahal dalam analisa pada umumnya seringkali hal ini dievaluasi berdasarkan perhitungan data kuantitatif karena kecepatan kendaraan dapat diukur secara numerik, baik itu untuk percepatan atau perlambatan kendaraan.

Tetapi disini dikupas melalui *fuzzy sets* dan *fuzzy inference engine* ternyata hasil yang diperoleh cukup baik dan bisa diandalkan untuk mewakili kondisi yang sebenarnya (*existing*).

Begitu halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Peng dkk (2013) dan Mojtaba Salehi dkk (2014), metoda fuzzy dijadikan alat pengukuran untukantisipasi kemacetan simpang.

Termasuk penelitian oleh Cheng dkk (2013) dengan teori jaringan fuzzy dapat mengantisipasi kemacetan secara pola menyeluruh terhadap jaringan jalan sekitarnya dan ini sangat membantu sekali dalam mengurai suatu kemacetan pada titik tertentu atau wilayah rawan kemacetan.

Padahal biasanya untuk kondisi seperti ini dipergunakan analisa *road network theory*, ternyata ini juga merupakan terobosan terbaru pada era *fuzzy logic*, dan semoga ini dapat dikembangkan terus secara lebih lanjut pada masa yang akan datang.

Adapun rencana penelitian yang akan dilakukan diantaranya mempunyai kelebihan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya adalah, seperti dalam rencana proses analisa melibatkan kombinasi input data variabel kuantitatif dengan kualitatif sehingga jumlah variabel yang akan diteliti menjadi cukup banyak, dan tentu diharapkan dengan jumlah variabel yang memadai akan betul-betul mewakili kondisi sebenarnya dilapangan.

Penggunaan teori *fuzzy logic* dalam analisa dapat meningkatkan kinerja simpang dengan harapan nantinya akan diperoleh model optimasi simpang bersinyal yang cukup akurat.

Penelitian yang dilakukan oleh Sonya (2008) dan Abbas (2012), terlihat masih ada yang perlu ditambahkan misalnya dengan jumlah variabel disini hanya input 4 parameter yakni; *arrival, queue, pedestrian dan emergency vehicle*.

Padahal untuk mengukur atau mengevaluasi tingkat kemacetan suatu simpang bersinyal masih ada variabel lain yang memberikan kontribusi terhadap kondisi tersebut misalnya; *delay time, phase, effective green time, cycle time, headway, speed, conflic area* dan masih banyak lagi.

Tentu dengan bertambahnya jumlah variabel untuk proses perhitungan melalui teory fuzzy akan ada perbedaan misalnya untuk penyusunan metoda *fuzzifiers, inference engine, dan defuzzifier*.

Maka dengan kondisi tersebut pada proses rencana penelitian yang akan dilakukan, menjadi landasan dasar pemikiran untuk dilakukan pendalaman (*expolored*), dengan harapan hasil analisa yang dicapai akan menjadi lebih valid dan akurat.

Begitu halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Jarrko dan Marko (2000), juga oleh Alghamdi dan Eren (2013), Xiao dan Zhu (2013) serta Peng, Liang, Dong dan Liu (2013), Mojtaba Salehi dkk (2014), disini dibahas tentang skala prioritas untuk *public transport* yang akan melewati simpang.

Secara konsep dan tujuan sangat baik karena telah mendahulukan kepentingan kendaraan umum, tetapi yang perlu dicermati adalah pada saat penambahan waktu hijau atau waktu merah berubah menjadi hijau, ini harus diantisipasi pergerakan kendaraan dan pejalan kaki dari lengan simpang lainnya, karena perubahan tersebut sangat mendadak dan rawan terjadinya konflik.

Sehingga dapat menyebabkan kecelakaan mobil dengan motor atau mobil dengan pejalan kaki, mungkin karena pergerakan *public transport* tersebut frekuensinya jarang atau cenderung sangat kecil, sehingga pengendara lain sulit

untuk menduga kapan kendaraan tersebut akan melintasi simpang.

Sedangkan penelitian lainnya membahas antisipasi kemacetan simpang dengan mengukur parameter variabel kecepatan, waktu hijau dan arus lalu-lintas dengan teori fuzzy, terlihat bahwa jumlah variabel yang dijadikan input data jumlahnya sedikit dan ini tentu sangat berpengaruh terhadap kinerja simpang bersinyal.

Pengertiannya ini perlu ada penambahan variabel misalnya perilaku pengendara, tingkat pelanggaran rambu persimpangan, sehingga teori yang dipergunakan akan lebih kompleks dan dapat mempertegas obyek yang sebenarnya, sehingga mewakili kondisi eksisting.

Berdasarkan beberapa kekurangan tersebut maka rencana penelitian yang akan dilakukan, cenderung perlu dicari dan dilengkapi varibel yang berpengaruh pada persimpangan, dengan menggunakan teori *fuzzy logic* sebagai alat ukur kinerjanya.

III. Metoda Penelitian

Kajian yang dilakukan pada simpang bersinyal ini melalui pendekatan analisa seperti penelitian yang dikemukakan oleh Hideaki Y, Yo Ishzuka, Shigemichi (2006) membahas tentang rata-rata antrian dan penyimpangan waktu tunggu (*delay time deviasi*) yang berpengaruh terhadap signal, pendekatan dengan menggunakan varibel kedatangan (*arrival*), antrian (*queue*), waktu tunggu (*delay time*), arus lalu-lintas (*traffic flow*), rata-rata dan deviasi dengan menggunakan metoda Rantai Markov dan Optimum Pareto. Begitu halnya yang dikemukakan oleh Ning Zou (2007) mengupas kondisi simpang berdasarkan waktu sinyal tetap (*fixed time signal*), termasuk pengaruh time signal terhadap antrian juga pengaruh ramp signal terhadap antrian.

Adapun pendekatan dilakukan berdasarkan waktu hijau eksisting (*existing green time*), waktu hijau efektif (*effective green time*), waktu kedatangan (*arrival*), waktu merah eksisting (*existing red time*), waktu merah aktual (*actual red time*), antrian (*queue*), jarak antara (*distance headway*), waktu siklus (*cycle time*),

kepadatan (*density*), waktu tunggu (*delay time*), arus lalu-lintas (*traffic flow*), fase (*phase*) dan pejalan kaki (*pedestrian*), sedangkan metoda yang digunakan adalah teori rantai markov.

Selanjutnya Chun Shao (2009) membahas simpang bersinyal melalui pendekatan waktu hijau eksisting (*existing green time*), antrian (*queue*), jarak antara (*distance headway*), kecepatan (*speed*), waktu tunggu (*delay time*), arus lalu-lintas (*traffic flow*), fase (*phase*), sedangkan metoda yang digunakan dalam kondisi ini adalah model Wilcoxon dan Mann Whitney, teori Gabor dan Park, teori Pode.

Pembahasan teori fuzzy dilakukan oleh Pothai Vonglao (2007) pendekatannya hampir sama dengan bahasan yang dikemukakan oleh Ning Zou (2007), tetapi disini untuk metoda penelitiannya dikupas berbagai teori tentang Fuzzy seperti metoda *fuzzy logic system*, melalui uraian pembahasan dengan *fuzzy rule base*, *fuzzy inference*, *fuzzifier* dan *defuzzifier*, ternyata pemakaian metoda tersebut dalam analisa simpang bersinyal sangat memberikan warna tersendiri dalam penelitian.

Bahasan berikutnya masih melibatkan tentang teori fuzzy untuk analisis simpang dikemukakan oleh Alghamdi A dan Eren H (2013) melalui pendekatan variabel kecepatan (*speed*), arus lalu-lintas (*traffic flow*), percepatan (*acceleration*), perlambatan (*deceleration*), dan jarak antara (*distance headway*), dengan metoda fuzzy logic, melalui uraian *fuzzy sets*, *fuzzy inference engine*. Selanjutnya Xiao HX dan Zhu YF (2013) juga melakukan pendekatan melalui arus lalu-lintas (*traffic flow*), waktu hijau (*green time*), dan waktu merah (*red time*), digunakan metoda *fuzzy control*, dengan uraian rata-rata kendaraan (*average vehicle*), keputusan kontrol (*control decision*) dan dasar aturan fuzzy (*fuzzy rule base*).

Masih dengan cara yang sama pada tahun 2013 oleh Peng ML, Liang XR, Dong CJ dan Lin YY pendekatan dilakukan terhadap variabel arus lalu-lintas (*traffic flow*), waktu hijau (*green time*), waktu siklus (*cycle time*) dan kemacetan lalu-lintas (*traffic congestion*) dengan menggunakan metoda *fuzzy logic*, *fuzzy inference engine*. Pendekatan terakhir dilakukan oleh Mojtaba Salehi dkk (2014) terhadap simpang terisolasi melalui waktu tunda (*delay time*), perpanjangan

waktu hijau, kontrol arus jenuh dan kecepatan kendaraan saat memasuki simpang dengan menggunakan metoda *fuzzy system*.

Adapun rencana penelitian simpang bersinyal ini dilakukan dengan metoda *fuzzy logic theory*, meliputi pendekatan kombinasi variabel lalu-lintas secara maksimum.

Guna memahami dan memudahkan proses penelitian ini perlu dilakukan langkah-langkah atau tahapan rencana secara berjenjang, agar dapat menghasilkan akurasi penelitian yang cukup valid dan dapat dipertanggung-jawabkan berdasarkan kaidah ilmiah.

Adapun diagram alur rencana penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**, yang dilakukan melalui tahapan proses sebagai berikut :



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Agar diperoleh *the state of the art* pada penelitian ini, maka diperlukan kumpulan data sekunder terutama penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa pakar *Fuzzy Logic* sebagai dasar acuan dan pembandingan.

Selanjutnya mencari benang merah atau keterkaitan berdasarkan review dari setiap penelitian, guna mendapatkan konsep kebaruan yang akan menjadi dasar penelitian yang akan dilakukan.

Rekapitulasi dari masing-masing penelitian terdahulu diurutkan berdasarkan kronologi mulai dari tahun penemuan pertamakali sampai dengan tahun terakhir, dengan maksud agar

tidak terjadi pengulangan atau duplikasi penelitian.

Rencananya posisi penelitian ini akan menggunakan 8 variabel untuk data kuantitatif dan kualitatif terhadap berbagai kondisi simpang 4 sedangkan fokus penelitian adalah pengembangan optimasi dari simpang bersinyal dengan menggunakan metoda *fuzzy logic*, guna lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

IV. Evaluasi dan Hasil

IV.1 Review dan State of The Art

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan beberapa variabel lalu-lintas simpang bersinyal sebagai bahan input analisis optimasi persimpangan, dalam beberapa literatur sebelumnya pembahasan cenderung hanya menggunakan sebagian variabel yang ada, dan belum dibahas secara menyeluruh, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Review Jumlah Variabel Simpang Bersinyal

No	Nama	Tahun	Hasil Pengamatan	Jml Var	Fuzzy	Simpang
1	Ning Zou	2007	Panjang fase siklus	16	-	4
2	Shun Shao	2009	Mengurai kemacetan simpang	10	-	4
3	Lin-Li	2010	Estimasi Level of Service (LOS)	11	-	4
4	Hua-Hua	2010	Mengurai antrian dan tundaan	11	-	4
5	Burac C.	2013	Mengurangi tundaan, arus jenuh	16	-	3 & 4
6	M. Alodat	2013	Optimalisasi waktu hijau	7	*	4
7	Jarkko	2000	Kontrol public transport	28	*	4
8	Pothai V	2007	Menghitung setiap fase siklus	16	*	4
9	M. Abbas	2012	Penambahan waktu hijau	9	*	4
10	Alghamdi	2013	Pengendalian kec kendaraan	7	*	4
11	Xiao	2013	Kontrol simpang tunggal	4	*	4
12	Peng	2013	Antisipasi kemacetan simpang	9	*	4
13	Mojtaba	2014	Tambah hijau & kend darurat	22	*	3

Sumber : Hasil Analisa

Keterangan: * (Ya) dan – (Tidak)

Tabel 2. Matrik Penelitian Simpang Bersinyal Model Fuzzy

NO	JUDUL	ALAT SURVEI	ANALISIS	HASIL RISET	TEORI DAN ANALISIS	KLASIFI KASI JURNAL	TAHUN	PENULIS	VARIABLE	GEOME TRIC
1	<i>Pengaruh Traffic Time Counter Display (TTCD) terhadap Arus Lalu-lintas Simpang Bersinyal</i>	Box TTCD	TTCD Terhadap Loss Time	1. Negatif TTCD tidak berpengaruh (start Loss Time) 2. Positif TTCD berpengaruh (End Loss Time)	MKJI, Webster dan Hobbs	FSTPT Journal	2008	Sonya Sulistyono	Green Actual, Loss Time (awal & akhir), Traffic Flow	4
2	<i>Mean and Variance of waiting Time and Their Optimization for Alternating Traffic Control System</i>	Traffic count	Rata-rata antrian & deviasi delay time berpengaruh terhadap signal	1. Positif rata2 panjang antrian untuk kontrol signal 2. Positif deviasi standar waktu tunggu untuk kontrol signal	MAP, Miller, Newell, Dist Poisson, Rantai Markov, Optimum Pareto	Proquest Journal	2006	1. Hideaki Y 2. Yo Ishizuka 3. Shigemac hi S	1. Arrival 2. Queue 3. Delay 4. Traffic Flow 5. Rata-rata Deviasi	2
3	<i>Fuzzy Logic Based Autonomous Traffic Control System</i>	Traffic count Camera	Algoritma desain Logic Fuzzy dipakai untuk sistem kontrol Simpang Fuzzy Expert System Fuzzifier, De Fuzzifier, Pengaturan Phase, Geometric, Un Opposite	1. Simulasi Grafis dalam System (kurva) 2. penambahan waktu hijau berdasarkan interval waktu 3. (emergency car) pada saat melewati simpang 4. Pengaturan waktu hijau (on/off) bagi pedestrian dan lengan simpang lainnya, saat ambulance lewat	COA (Center of Average), Fuzzy Rule Base, Fuzzy Inference Engine, Fuzzy Control	Proquest Journal	2012	Muh.Abbas M.Saleem K Nasil Ali Syed Fazil	Arrival Queue Pedestrian Emergency Vehicle Traffic Flow Phase	4

NO	JUDUL	ALAT SURVEI	ANALISIS	HASIL RISET	TEORI DAN ANALISIS	KLASIFIKASI JURNAL	TAHUN	PENULIS	VARIABLE	GEOMETRIC
4	<i>Self Organizing Traffic Signals for Arterial Control</i>	Detector	Mengontrol efisiensi Traffic Demand, Mengatur variabel lalu-lintas, 2 phase not fixed time + Queue (dist.cycle length & average delay), 2 phase fixed time + Queue	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menurunkan waktu delay untuk saturation flow dan unsaturation flow 2. Menurunkan cycle time 	Queue Spillback, Dist. Poisson, Signal Control, SCOOT, SCATS, PASSER, MOTTION	Disertasi	2013	Burac Cesme	Green Time Existing, Arrival, Loss Time, Queue, Headway, Speed, Cycle Time, Traffic Flow, Delay, Density, Phase, Pedestrian.	3 & 4
5	<i>Queuing Models and Analysis of Traffic Control</i>	Traffic count	Fixed Time Signal Pengaruh Time signal thd Queue Pengaruh Ramp signal thd Queue	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model Queue untuk merubah Traffic light 2. Model Queue untuk Fixed Time Signal 3. Model Queue untuk menjalankan Signal 4. Model Queue untuk mengontrol kelandaian (Ramp) 	HCM 85, Clayton Teori (Webster, Miller, Matson, Akcelic, Newel, & Ousena) Rantai Markov	Disertasi	2007	Ning Zou	Green Time Existing, Green Time Effective, Arrival, Red Time Existing, Red Time Account, Queue, Headway, Cycle Time, Density, Phase, Delay, Traffic Flow, Pedestrian	4

NO	JUDUL	ALAT SURVEI	ANALISIS	HASIL RISET	TEORI DAN ANALISIS	KLASIFIKASI JURNAL	TAHUN	PENULIS	VARIABLE	GEOMETRIC
6	<i>Adaptive Control Strategy for isolated intersection and Traffic Network</i>	Detector	Pengaruh Strategi Signal terhadap simpang teisolasi dan Jaringan Lalu-lintas	1. Pode: potensi mengurangi kemacetan simpang 2. Gabnor: Analisis Sensitivitas untuk jalan arteri dan pola jaringan grid	Teori Pode, Gabnor & Parks. Model Wilcoxon dan Mann Whitney	Disertasi	2009	Chun Sao	Green Time Existing Queue Headway Speed Delay Traffic Flow Phase	6
7	<i>Delay Model for Signal Controller Intersection</i>	Camera, Traffic count	Optimasi waktu signal pada simpang	Estimasi Level of Service (LOS) simpang bersinyal	Teori Optimasi, Kontrol Phase, Cycle Length, Delay time, Model (Wolshon, Tang, Hsien, Rahim F, F. Dion, Chen Shao, ...)	Jurnal IEEE	2010	Lin Li Jianmin Xu Sibo Huang Kai Lu	Traffic Flow, Delay, Cycle Time, Phase	4
8	<i>Multi-objective Optimization Method of Fixed Time Signal Control of Isolated Intersection</i>	Traffic count, Camera	Model optimasi variabel banyak pada kontrol sinyal waktu tetap simpang tidak jenuh	1. Optimasi multi obyek variabel sangat ideal mengukur average vehicle delay & queue length 2. Efisien mengurangi average vehicle delay	Teori Webster, Model Pareto, Average vehicle delay, Max queue length, Cycle length, Average vehicle stop	Jurnal IEEE	2010	Hu Hua Gao Yunfeng Yang Xiaoguang	Traffic Flow Total, Average Delay, Average Stop Frequency, Average Queue Length	4

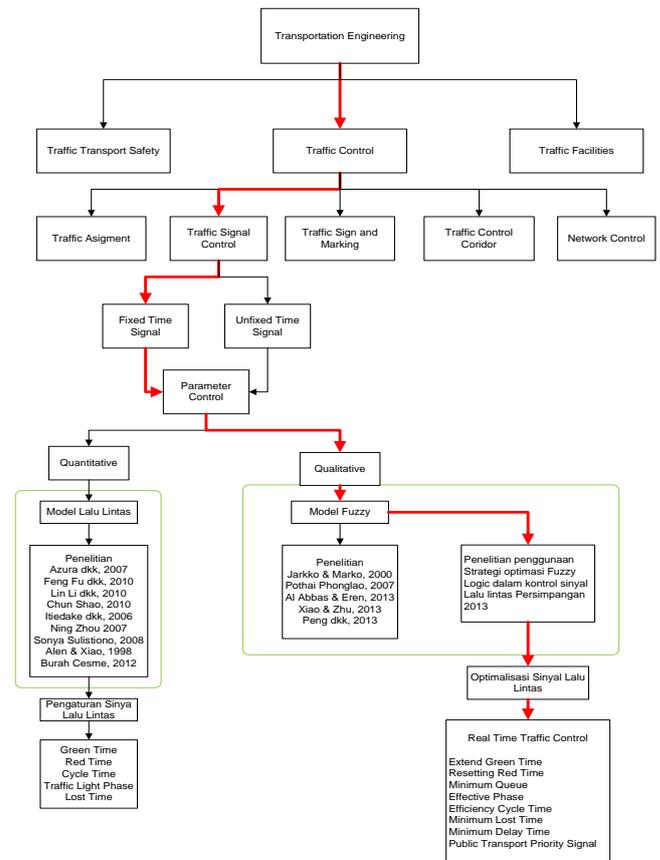
NO	JUDUL	ALAT SURVEI	ANALISIS	HASIL RISET	TEORI DAN ANALISIS	KLASIFIKASI JURNAL	TAHUN	PENULIS	VARIABLE	GEOMETRIC
9	<i>The Solution of Traffic Signal Timing by using Traffic Intensity estimation and Fuzzy Logic</i>	Traffic count, Dectector, Camera	Maximum Likelihood Estimation Bayes Inference Estimation Generate an Exponential Generate an Gamma Generate an Bernoulli	1. Optimasi Varibel lalu-lintas 2. Menghitung panjang tiap waktu fase pada siklus	Fuzzy Logic System, Fuzzy Rule base, Fuzzy Inference, Fuzzifier, Defuzzifier	Disertasi	2007	Pothai Vonglao	Queue, Traffic Flow, Phase, Cycle Time, Lost Time, Delay Time, Green Time, Red Time	4
10	<i>Fuzzy Public Transport Priority in Traffic Signal Control</i>	Detector	Analisis perpanjangan Green Time	Model Fuzzy menghasilkan keputusan dan output yang sangat baik untuk kontrol Public Transport	Multi Level Fuzzy, Fuzzy Public Transport, Fuzzy Logic, Defuzzification Method, Fuzzy Similarity	Academia Edu	2000	Jarkko N Marko M	Traffic Flow Green Time Red Time Phase Bus Car	4
11	<i>Using Fuzzy Logic to Control Vehicle Velocity in Traffic System</i>	Camera Detector	Sistem buka tutup kendaraan	Pengendalian kecepatan kendaraan dan masalah kemacetan	Fuzzy Logic, Fuzzy Sets, Fuzzy Inference Engine, Acceleration, Deceleration	Scopus	2013	Alghamdi A Eren H	Speed Traffic Flow Acceleration Deceleration	4
12	<i>Traffic Signal Control and Simulation of Single Intersection Based on Fuzzy Control</i>	Traffic count Camera	Analisis simpang dengan kontrol lalu-lintas	Kontrol Simpang Tunggal menghasilkan simulasi sederhana dengan Logic Fuzzy	Traffic Flow, Fuzzy Control, Average Vehicle, Fuzzy Rule Base, Control Decision	Scopus	2013	Xiao H X Zhu Y F	Traffic Flow Green Time Red Time	4

NO	JUDUL	ALAT SURVEI	ANALISIS	HASIL RISET	TEORI DAN ANALISIS	KLASIFIKASI JURNAL	TAHUN	PENULIS	VARIABLE	GEOMETRIC
13	<i>Freeway Traffic Congestion Identification Based on Fuzzy Control</i>	Traffic count Camera	Analisis Metode Non Linear Metoda identifikasi kemacetan	Perhitungan metoda Logic Fuzzy sangat akurat untuk antisipasi kemacetan	Fuzzy Logic, Fuzzy Inference Engine, Phase, Cycle Time, Traffic Congestion	Scopus	2013	Peng M L Liang X R Dong C J Lin Y Y	Traffic Flow Green Time	4
14	<i>Improve and Extension Traffic Light at Intersection</i>	Traffic count Camera Detector	Mengontrol Green dan fase Perpanjangan waktu Hijau Menggunakan fuzzy logic	1. Optimalisasi kondisi simpang bersinyal 2. Mengurangi kemacetan lalu-lintas 3. Prioritas Hijau untuk setiap fase	Fuzzy Logic, Traffic Flow Method, Fuzzy Control	Scopus	2013	M. Alodat Iyas Alodat	Green Time Fase Traffic Flow Rate	4
15	<i>TLCSBFL : A Traffic Light Control System Based on Fuzzy Logic</i>	Camera Detector	Perluasan Green Time Mengontrol kemacetan simpang Simulasi kontrol waktu tunggu, jarak, persimpangan, kepadatan, kecepatan	Mengatasi kemacetan, kecelakaan, kecepatan, arus jenuh. Mengurangi kemacetan lalu-lintas. Prioritas Hijau untuk Emergency vehicle	Fuzzy Logic, Traffic Flow Method, Fuzzy logic Controller, Fuzzy Sets, Autonomous System	IJUNESST	2014	Mojtaba Salehi Iman Sepahvand M. Yarahmadi	Traffic light status Emergency Vehicle Traffic Flow Rate Speed Roadways	3

Adapun untuk aspek kebaruan dan manfaat yang dihasilkan, berdasarkan review dan *state of the art* dalam penelitian ini adalah :

1. Berdasarkan sudut keilmuan, dapat menjadi pengayaan khasanah ilmu pengetahuan tentang pemodelan optimasi transportasi khususnya kajian teknik lalu-lintas untuk simpang bersinyal.
2. Dari sisi metodologi, pendekatan yang digunakan pada variabel lalu-lintas untuk strategi pengembangan optimasi simpang bersinyal dengan menggunakan model fuzzy logic, diharapkan akan menghasilkan nilai yang lebih baik karena proses analisa menggunakan kombinasi data kuantitatif dan kualitatif sehingga secara obyektif mampu mencerminkan kondisi yang sebenarnya.
3. Bagi masyarakat atau individu, dapat dirasakan manfaat pengaturan persimpangan bersinyal secara terukur dan akurat tentu akan berdampak terhadap kelancaran berlalu-lintas, terhindar dari kemacetan yang berlarut-larut agar aktifitas masyarakat akan lebih produktif karena waktu perjalanan relatif cepat dan efisien, termasuk tingkat kecelakaan bagi pengguna kendaraan dapat ditekan seminimal mungkin melalui pengaturan fase simpang sehingga tidak terjadi konflik antar kendaraan ataupun dengan pejalan kaki.
4. Bagi pemerintah, tentunya ini akan menjadi masukan untuk kebijakan dalam mengontrol jaringan jalan khususnya persimpangan yang seringkali menjadi masalah kesemrawutan lalu-lintas terutama untuk kota-kota besar yang relatif jumlah kendaraannya cukup besar. Sehingga dengan terwujudnya lalu-lintas yang relatif aman, dan lancar akan menjadikan sebuah kota yang nyaman untuk dikunjungi oleh wisatawan domestik ataupun internasional.

Agar lebih mudah memahami rencana penelitian yang akan dilakukan, terutama untuk melihat posisi penelitian maka disusun dalam **Gambar 2** berikut ini:



Gambar 2. Pemetaan Posisi Penelitian

V. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Model Fuzzy Logic mempunyai keunggulan dalam hal evaluasi simpang bersinyal (*traffic light*) berdasarkan variabel numerik dan linguistik.
2. Aspek kebaruan (*state of the art*) pada penelitian ini dapat menghasilkan optimasi simpang bersinyal untuk kondisi sinyal waktu tetap (*fixed time signal*) yang terisolasi (*isolated*).
3. Model Fuzzy Logic dapat dipergunakan untuk mengevaluasi kondisi persimpangan bersinyal yang ada di Indonesia, agar dapat meminimasi kemacetan dan antrian termasuk meningkatkan kapasitas simpang.

Daftar Pustaka

- Abraham Kandel, 1982, *Fuzzy Techniques in Pattern Recognition*, John Wiley & Son Inc, Canada, USA.
- Abraham Kandel, 1986, *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*, Adison Wesley Publishing Company, Florida State University.
- A. Hegyi, B. De Schutter, S. Hoogendorn, R. Babuska, H. Van Zuylen and H. Schuurman, 2000, *A Fuzzy Decision Support System for Traffic Control Centers*, Proceedings of the European Symposium on Intelligent Technique, Anchen.
- Alfredo H.S. Ang, Wilson H. Tang, 1976, *Probability Concepts In Engineering Planning And Design*, John Wiley, New York.
- Alghamdi AS, Eren H, 2013, *Using Fuzzy Logic to Control Vehicles Velocity in Traffic System*, IFAC Proceedings Volumes.
- Alper Aksac, Erkam Uzun and Tansel Ozyer, 2011, *A Real Time Traffic Simulator Utilizing on Adaptive Fuzzy Inference Mechanism by Tuning Fuzzy Parameter*, Springer Science Business Media.
- Azura Che Soh, Muh Hamiruce Marzuki K, Rubiyah, 2007, *Modelling and Optimization of a Traffic Intersection Based on Queue Theory and Markov Decision Control Methods*, Proceedings of the first Asia International Conference on Modelling and Simulation.
- Belohlarek, Radm Klir, George I, 2011, *Concepts and Fuzzy Logic*, MIT Press.
- Burak Cesme, 2013, *Self-Organizing Traffic Signals for Arterial Control*, Dissertation, Northeastern University Boston, Massachusetts.
- Chun Shao, 2009, *Adaptive Control Strategy for Isolated Intersection and Traffic Network*, Dissertation, University of Akron.
- George J. Klir and Tina A. Folgen, 1988, *Fuzzy Sets Uncertainty and Information*, State University of New York Binghamton.
- Hideaki Yamashita, Yo Ishizuka, Shigemichi Suzuki, 2006, *Mean and Variance of Waiting time and Their Optimization for Alternating Traffic Control System*, Tokyo Metropolitan University, Minami Otisawa 1-1 Houchi-ji-Shi Tokyo.
- Hu Hua, Gao Yunfeng, Yang Xiaoguang, 2010, *Multi-Objective Optimization Method of Fixed-time Signal Control of Isolated Intersection*, International Conference on Computational and Information Sciences.
- Jarkko Nuttymaki, Marko Maenpaa, 2000, *Fuzzy Public Transport Priority in Traffic Signal Control*, Helsinki University of Technology Transportation Engineering, Finlandia.
- Lin Li, Jianmin Xu, Sibao Huang and kai Lu, 2010, *Delay Model for signal Controlled Intersection*, Journal IEEE, World Congress on Intelligent Control and Automation, Jinan, China
- Moh. Nazir, Ph.D, 2013, *Metoda Penelitian*, Penerbit Ghalia Indonesia, Bogor.
- Mohamad Alodat and Ilyas Alodat, 2013, *Improve and Extension Traffic Light at Intersection*, American Academic & Scholarly Research Journal vol 5 no 3. Iran
- Mojtaba Salehi, Iman Spahvand, Mohammad Yarahmadi, 2014, *TLCSBFL: A Traffic Light Control System Based on Fuzzy Logic*. International Journal of U- and e-Service and Technology, Ijunesst, Iran.
- Muhammad Abbas, M. Saleem Khan, Nasir Ali and Syed Fazil, 2012, *Fuzzy Logic Based Autonomous Traffic Control System*, Sensors and Transducer vol 136 pp 132-136, Pakistan.
- Ning Zou, 2007, *Queuing Models and Analyses of Traffic Control*, Dissertation, University of Arizona.

Ofyar Z Tamin, 2008, *Perencanaan, Pemodelan & Rekayasa Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung.

Paothai Vonglao, 2007, *The Solution of Traffic Signal Timing by Using Traffic Intensity Estimation and Fuzzy Logic*, Dissertation, Cowan University Western Australia.

Peng ML, Liang XR, Dong CJ, Liu YY, 2013, *Freeway traffic Congestion Identification Based on Fuzzy Logic Inference*, Journal Applied Mechanic and Material vol 397-400 pp 2227-2230, China.