

OPTIMALISASI WAKTU HIJAU UNTUK MENGURANGI KADAR POLUSI UDARA PADA SIMPANG BERSINYAL PASIFIK DI KOTA TEGAL

Yulinar Hasti Primasari
DIV Manajemen Keselamatan
Transportasi Jalan Politeknik
Keselamatan Transportasi Jalan
Jalan Semeru No. 3, Slerok
Tegal Timur, Kota Tegal
Jawa Tengah 52125
yulinarhasti03@gmail.com

Des Aufa Azhar
DIV Manajemen Keselamatan
Transportasi Jalan Politeknik
Keselamatan Transportasi Jalan
Jalan Semeru No. 3, Slerok
Tegal Timur, Kota Tegal
Jawa Tengah 52125
desaufaazhar9a06@gmail.com

Agus Sasmito
DIV Manajemen Keselamatan
Transportasi Jalan Politeknik
Keselamatan Transportasi Jalan
Jalan Semeru No. 3, Slerok
Tegal Timur, Kota Tegal
Jawa Tengah 52125
sasmito.agus83@gmail.com

Abstract

Motorized vehicles are the biggest contributor to air pollution in urban areas. In this study, the optimization of the green time for the Pacific Intersection in Tegal City, which is a signaled intersection, was performed. Without optimizing the green time, it is estimated that in the next 5 years there will be an increase in CO and NO_x emissions at this intersection by 12%. However, if green time is optimized, it is estimated that in the next 5 years there will be an increase in CO and NO_x emissions at this intersection of only 4%.

Keywords: air pollution; signaled intersections; green time optimization; exhaust gas emissions.

Abstrak

Kendaraan bermotor merupakan penyumbang polusi udara terbesar di daerah perkotaan. Pada studi ini dilakukan optimalisasi waktu hijau Simpang Pasifik di Kota Tegal, yang merupakan suatu simpang bersinyal. Tanpa melakukan optimalisasi waktu hijau, diperkirakan pada 5 tahun mendatang akan terjadi peningkatan emisi gas buang CO dan NO_x di simpang ini sebesar 12%. Tetapi bila dilakukan optimalisasi waktu hijau, diperkirakan pada 5 tahun mendatang akan terjadi peningkatan emisi gas buang CO dan NO_x di simpang ini hanya sebesar 4%.

Kata-kata kunci: polusi udara; simpang bersinyal; optimalisasi nyala hijau; emisi gas buang.

PENDAHULUAN

Selain untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, transportasi juga dapat memberi dampak negatif, yaitu menimbulkan kemacetan, kerugian waktu dan biaya, serta kerugian akibat polusi udara atau emisi gas buang. Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain, yang dihasilkan oleh suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien, yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010). Secara umum, kendaraan bermotor memproduksi emisi gas buang sebesar 14% berbasis karbondioksida, 50%–60% karbon monoksida dan hidrokarbon, serta 30% nitrogen oksida. Dari proporsi gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor terlihat bahwa karbon monoksida (CO) memiliki persentase paling besar dibandingkan dengan gas emisi lainnya (Aly, 2016). Selain itu, emisi karbon monoksida (CO)

tergolong gas yang beracun dan mematikan, dan umumnya meningkat saat terjadi kemacetan di jalan.

Polusi Udara merupakan ancaman bagi masyarakat, khususnya yang tinggal di daerah perkotaan. Meningkatnya kadar polusi udara, akibat jumlah kendaraan yang tinggi, menimbulkan zat-zat berbahaya yang dapat memengaruhi kesehatan masyarakat.

Simpang Pasifik Kota Tegal terletak di jalan arteri, dengan lalu lintas yang didominasi oleh sepeda motor, kendaraan ringan, kendaraan berat, dan kendaraan umum. Simpang ini sering digunakan oleh masyarakat sebagai akses menuju luar kota, ke arah Brebes dan ke arah Kota Tegal. Hal ini sering menyebabkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan panjang antrian kendaraan di simpang tersebut. Jumlah kendaraan yang tinggi pada daerah simpang Pasifik ini mengakibatkan meningkatnya kadar polusi udara dari tahun ke tahun.

Pada umumnya jumlah kendaraan meningkat setiap tahun, sehingga meningkatkan kadar polusi udara. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian, yang hasilnya dapat digunakan dalam membuat rekomendasi untuk menurunkan kadar polusi udara di masa yang akan datang. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kadar polusi CO dan NO_x serta memberikan rekomendasi yang dapat diterapkan untuk menurunkan kadar CO dan NO_x di Simpang Pasifik Kota Tegal. Perangkat lunak Vissim digunakan untuk melakukan analisis pada studi ini.

Persimpangan

Menurut (Khisty, 2005) persimpangan merupakan bagian jaringan jalan yang tidak terpisahkan. Daerah perkotaan biasanya banyak memiliki simpang, tempat pengemudi harus memutuskan untuk berjalan lurus atau berbelok dan pindah jalan untuk mencapai suatu tujuan. Simpang dapat didefinisikan sebagai daerah umum tempat dua atau lebih jalan bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya. Fungsi utama operasional suatu persimpangan adalah menyediakan perpindahan atau perubahan arah perjalanan.

Tabel 1 Waktu Siklus yang Disarankan untuk Tiap Kondisi yang Berbeda

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Disarankan (det)
Pengaturan dua fase	40–80
Pengaturan tiga fase	50–100
Pengaturan empat fase	80–130

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu dalam suatu periode lampu lalu lintas yang digunakan untuk mengatur arah pergerakan di persimpangan, yang dimulai dari nyala hijau, nyala kuning, hingga berubah menjadi nyala merah, dan kemudian balik ke nyala hijau lagi. Dalam perencanaan, waktu siklus maksimal yang diizinkan adalah 130 detik. Bila waktu siklus lebih dari 130 detik, dapat terjadi tundaan yang lama dan antrian kendaraan yang panjang.

Karena itu, waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari, kecuali untuk kasus-kasus tertentu, misalnya persimpangan yang sangat besar, karena sering menyebabkan kapasitas simpang berkurang. Beberapa nilai waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 1.

Waktu Hijau

Waktu hijau adalah durasi waktu untuk nyala lampu hijau pada suatu pendekat simpang bersinyal. Menurut MKJI tahun 1997, perhitungan waktu hijau dapat menggunakan Persamaan 1 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997):

$$g_i = (c - LT) \times (F_{rcrit} / \sum F_{rcrit}) \quad (1)$$

dengan:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik)

c = Waktu Siklus

LT = *Lost Time*

F_{rcrit} = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

$\sum F_{rcrit}$ = Jumlah F_{rcrit} semua fase pada siklus tersebut.

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di mesin pembakaran dalam dan mesin pembakaran luar, yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Komponen polusi udara hasil emisi gas buang kendaraan bermotor yang menjadi perhatian utama adalah karbon monoksida, karbon dioksida, oksida sulfur hidrokarbon, oksida nitrogen, partikel, dan timah hitam (Bachrun, 1993).

Oksida nitrogen (NO_x) merupakan gas hasil pembakaran yang mana sebagian besar polutan NO_x berasal dari pembakaran pada mesin kendaraan. Polutan NO_x menimbulkan dampak lingkungan, seperti hujan asam, efek rumah kaca, asap foto kimia, dan lubang pada lapisan ozon. Sementara itu, karbon monoksida (CO) juga berasal dari pembakaran pada mesin kendaraan, yang mana gas tersebut bersifat racun. Gas CO menghambat aliran O_2 berikatan dengan hemoglobin darah, sehingga hemoglobin tersebut berikatan dengan CO membentuk COHb. Kadar COHb dalam darah yang melebihi 50% dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, emisi NO_x dan CO pada pembakaran mesin kendaraan perlu direduksi, sehingga kendaraan menjadi ramah lingkungan.

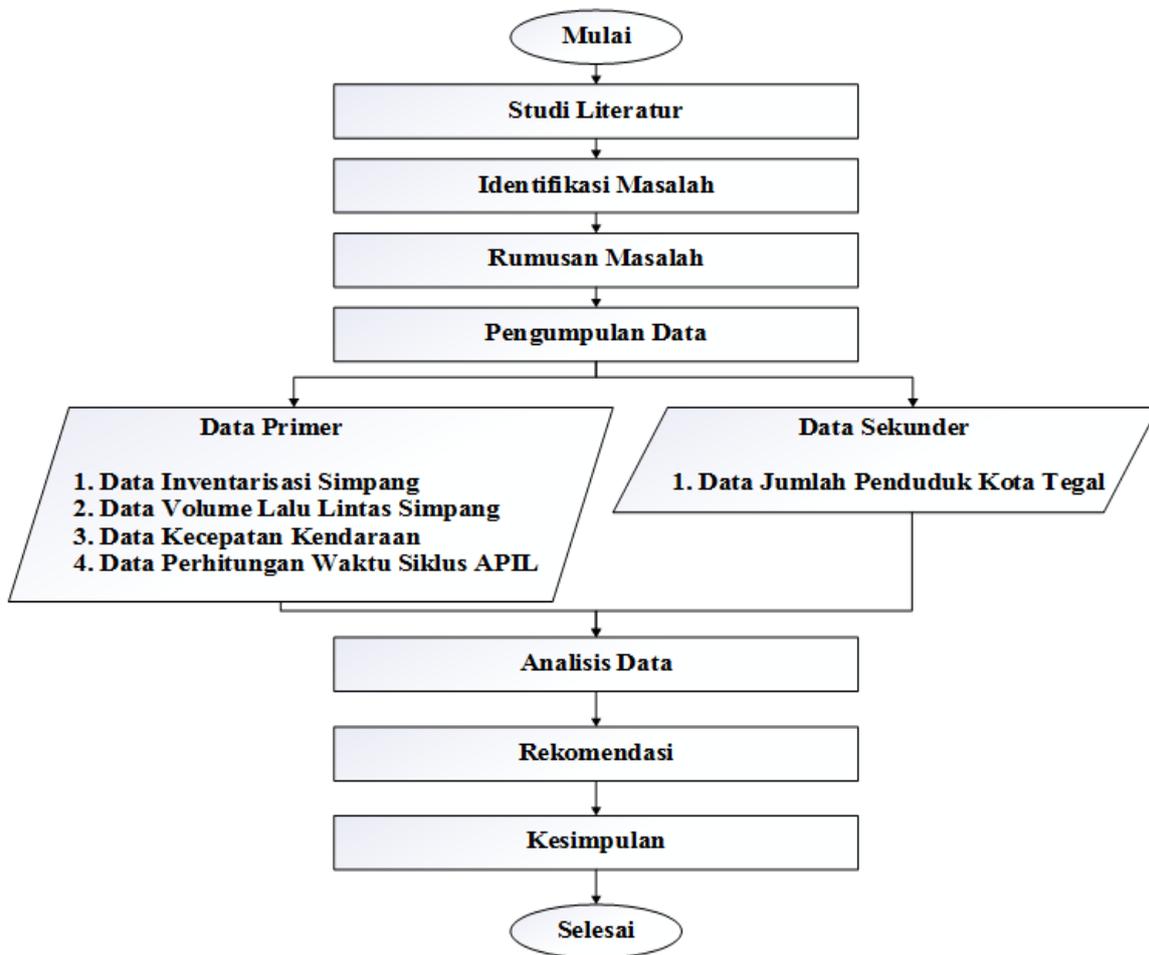
Vissim 9.0

Menurut Mora dan Vianna (2008), Vissim merupakan alat bantu atau perangkat lunak simulasi lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, perancangan waktu sinyal, perencanaan angkutan umum, serta perencanaan kota yang bersifat mikroskopis dalam aliran lalu lintas multi-moda, yang diterjemahkan secara visual dan. Perangkat lunak ini dikembangkan pada tahun 1992 oleh suatu perusahaan IT di Jerman.

Vissim dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi lalu lintas yang ada di lapangan dengan berbagai macam *output*, mulai dari kondisi kinerja suatu jalan hingga kadar polusi dan bahan bakar yang dipakai. Karena itu, Vissim merupakan suatu acuan dalam permodelan lalu lintas perkotaan.

METODE PENELITIAN

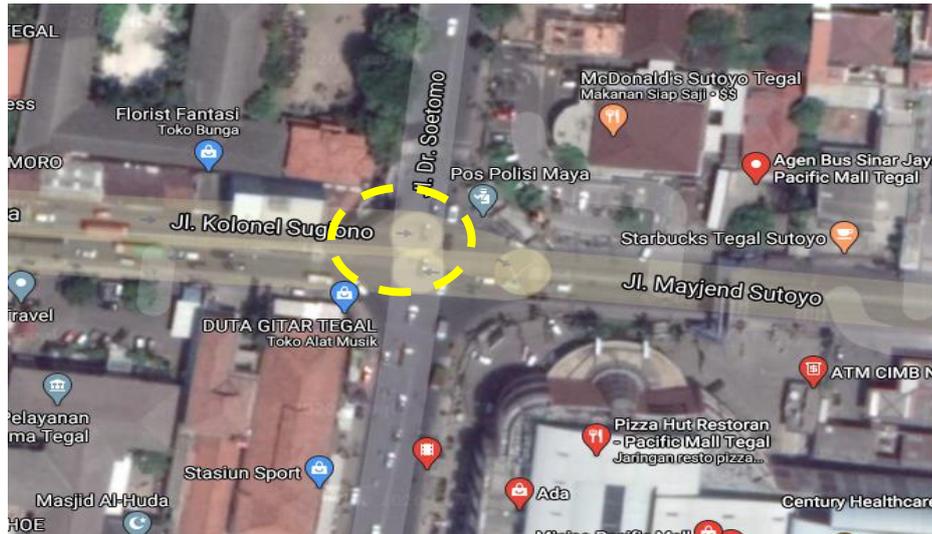
Bagan alir studi ini dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian dimulai dengan mencari landasan teori yang tepat guna untuk mendukung penelitian, mencari data yang dibutuhkan, baik data primer maupun data sekunder. Kemudian dilakukan pengolahan data hasil survei dengan perangkat lunak Vissim guna mendapatkan *output* kadar polusi udara berupa CO dan NOx.



Gambar 1 Bagan Alir penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah Simpang Pasifik, yang terletak di Kota Tegal. Gambar 2 menunjukkan lokasi simpang tersebut.



Gambar 2 Lokasi Simpang Pasifik Kota Tegal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Inventarisasi Simpang

Simpang Pasifik, di Kota Tegal, terletak dekat dengan pusat Kota Tegal. Dalam kaitannya dengan transportasi dan pergerakan lalu lintas, Simpang Pasifik merupakan penghubung utama untuk melakukan aktivitas-aktivitas pendidikan, ekonomi, perkantoran serta pusat perbelanjaan, sehingga volume lalu lintas yang melintasi sangat tinggi. Hasil survei inventarisasi Simpang Pasifik, Kota Tegal, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kondisi Eksisting Simpang Pasifik

No.	Nama Jalan	Tipe Jalan	Median	Belok Kiri Langsung	Lebar Jalan
1	Jalan Dr. Sutomo (U)	2/2 UD	Tidak	Tidak	12,7 m
2	Jalan Kapt.Sudibyo (S)	2/2 UD	Tidak	Tidak	15,7 m
3	Jalan Kolonel Sugiyono (B)	4/2 D	Ya	Ya	16,7 m
4	Jalan Mayjen Sutoyo (T)	4/2 UD	Tidak	Ya	15,0 m

Data Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas diperlukan untuk pembuatan model simulasi lalu lintas. Data volume lalu lintas didapat dari hasil survei volume lalu lintas, berupa MC, LV, HV, dan UM pada setiap pendekatan simpang dengan interval waktu yang telah ditentukan. Hasil survei volume lalu lintas selama waktu sibuk pagi hari, pukul 06.00–07.00 WIB dapat dilihat pada Tabel 3.

Data Waktu Siklus

Data waktu siklus diperoleh dengan cara melakukan pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*, untuk mendapatkan

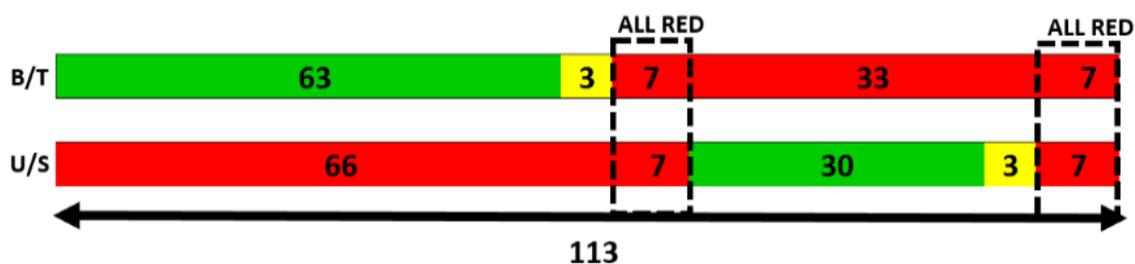
waktu hijau, waktu kuning, dan waktu merah semua (*all red*). Data waktu siklus eksisting pada Simpang Pasifik dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 3 Data Volume Lalu Lintas pada Jam Sibuk Pagi Hari

No.	Nama Jalan	Arah Pergerakan	Volume (kend/jam)				Volume Total (kend/jam)
			MC	LV	HV	UM	
1	Jalan Dr. Sutomo (U)	ST	716	76	0	13	1191
		LT	36	36	0	0	
		RT	251	50	0	13	
2	Jalan Kapt. Sudibyo (S)	ST	135	87	7	0	1424
		LT	759	128	9	0	
		RT	164	133	2	0	
3	Jalan Kolonel Sugiyono (B)	ST	966	375	65	11	2948
		LT	918	255	37	18	
		RT	197	92	5	9	
4	Jalan Mayjen Sutoyo (T)	ST	751	347	111	11	1503
		LT	197	76	1	9	

Tabel 4 Waktu Siklus Eksisting Simpang Pasifik

No.	Nama Pendekat	Waktu Nyala (detik)			Total
		Hijau	Kuning	Merah	
1	Jalan Dr.Sutomo (U)	30	3	80	113
2	Jalan Kapt. Sudibyo (S)	30	3	80	113
3	Jalan Kolonel Sugiyono (B)	63	3	47	113
4	Jalan Mayjen Sutoyo (T)	63	3	47	113



Gambar 3 Diagram Fase Waktu Siklus di Simpang Pasifik

Emisi Gas Buang CO dan NOx Hasil Perangkat Lunak Vissim

Setelah pengumpulan data, dilakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak Vissim, untuk memodelkan kondisi eksisting dan *forecasting* pada Simpang Pasifik. Kondisi *forecasting* didapat dengan menggunakan faktor pertumbuhan penduduk Kota Tegal. Kadar emisi gas buang CO dan NOx untuk kondisi eksisting dan kondisi *forecasting* 5 tahun ke depan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Kadar Emisi Gas Buang CO dan Nox

No.	Jenis Emisi Gas Buang	Eksisting (2020)	Forecasting (2025)	Kenaikan
1	CO (ppm/jam)	910,60	1022,88	12 %
2	Nox (ppm/jam)	177,170	199,016	

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa terjadi peningkatan kadar emisi gas buang CO dan NOx sebesar 12% pada kondisi *forecasting*. Hal itu disebabkan karena meningkatnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun, sehingga kadar emisi gas buang CO dan NOx juga meningkat.

Tabel 6 Perhitungan Nilai Frcrit

	Jln. Dr. Sutomo (U)	Jln. Kapt. Sudibyo (S)	Jln. Kolonel Sugiyono (B)	Jln. Mayjen Sutoyo (T)
Q	592,7	794,6	975,0	1693,5
S	6940,8	8589,2	8871,2	9227,6
FRcrit	0,178		0,293	

Co prapenyediaan = 113 detik $\sum Frcrit = 0,471$
 AllRed = 7 detik LTI = 18 detik
 Amber = 3 detik

PENANGANAN SIMPANG

Diperlukan penanganan Simpang Pasifik agar kadar emisi gas buang CO dan NOx dapat berkurang. Pada studi ini diusulkan penanganan dengan optimalisasi waktu hijau fase siklus, agar dapat mengurangi emisi gas buang CO dan NOx yang keluar dari kendaraan (lihat Tabel 6 dan Tabel 7). Setelah melakukan perhitungan optimalisasi waktu hijau 2 fase, dilakukan simulasi lalu lintas menggunakan untuk mendapatkan *output* kadar emisi gas buang CO dan NOx yang diinginkan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Perhitungan Waktu Hijau yang Disesuaikan

- 1) $H_{us} = (113 - 18) \times (0,178 / 0,471)$
= 39 detik
- 2) $H_{bt} = (113 - 18) \times (0,293 / 0,471)$
= 54 detik

B/T	54	3	7	42	7
U/S	57	7	39	3	7

Gambar 4 Optimalisasi 2 Fase Simpang Pasifik

Tabel 7 Hasil Optimalisasi

No.	Jenis Emisi Gas Buang	Eksisting (2020)	Forecasting (2025)	Kenaikan
1	CO (ppm/jam)	844,394	879,347	4%
2	NOx (ppm/jam)	164,288	171,089	

Tabel 7 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar emisi gas buang CO dan NOx sebesar 4% pada kondisi *forecasting*. Peningkatan tersebut jauh lebih kecil dibandingkan

dengan peningkatan sebelum dilakukan optimalisasi 2 fase. Hal ini membuktikan bahwa optimalisasi waktu hijau dapat menurunkan kadar emisi gas buang CO dan NO_x.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dengan menggunakan kondisi saat ini, diperkirakan terjadi peningkatan kadar CO dan NO_x pada kondisi *forecasting* sebesar 12%.
- 2) Dengan melakukan optimalisasi waktu hijau, kadar emisi gas buang CO dan dapat dikurangi menjadi hanya 4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aly, S.H. 2016. *Emisi Transportasi: Kuantitas Emisi Berdasarkan Marni Modal*. Makassar: Penebar Plus.
- Bachrun. 1993. *Polusi Udara Perkotaan, Pemantauan, dan Pengaturan*. Laboratorium Termodinamika PAU. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010, Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah*. Jakarta.
- Khisty, C.J. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi* (terjemahan). Edisi Ke-3 Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Mora, P. dan Vianna, F. 2008. *PTV VISSIM 9-User Manual*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53 (9): 287.