Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Volume 3 No. 2 (2020)

Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Chamfer Luar Jet Udara Dan Kapasitas Aliran Udara Terhadap Karakteristik Api Pada Inverse Diffusion Flame Model Burner Co-Axial.

M Sahrul Mubarok, Hernanda Atrila Saputra, Gatut Prijo Utomo
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: syahrul2701@gmail.com, atrilananada@gmail.com

ABSTRAK

Studi eksperimental ini menjelaskan mengenai proses pembakaran atau combustion dimana menggunakan fitur injeksi langsung bahan bakar dan oksidator pada suatu burner secara simultan. Pada dasarnya nyala api dapat diklasifikasikan dua macamyaitu nyala api premix dan nyala api difusi. Untuk dapat meningkatkan temperatur nyala api, dan memaksimalkan efisiensi bahan bakar pada Inverse Diffusion flame maka penelitian eksperimentasi ini menggunakan burner model co-axial yang dimodifikasi sedemikian rupa dengan tujuan, mampu menentukan karakteristik api inverse diffusion flame yang dipengaruhi oleh chamferluar jet udara dan perubahan kapasitas aliran udara (Q_a). Hasilnya jika derajat sudut champer nya semakin besar dan kapasitas udara semakin besar maka api yang keluar dari jet burner memiliki laju perpindahan panas yang semakin tinggi. Harapanya penelitian tentang Inverse Diffusion Flame ini dapat memberikan dampak positif dalam bidang industri dengan luaran tingkat efisiensi yang baik dalam pemakaian bahan bakar yang optimal dengan kualitas api sesuai yang diharapkan.

Kata kunci : Inverse diffusion flame, chamfer luar jet udara, kapasitas udara (Q_a). co-axial.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade ini, di bidang industri banyak menggunakan teknologi pemanas pelampiasan api yang bertujuan untuk peningkatan laju perpindahan panasnya dan menarik minat untuk penelitian yang konsisten [1]. Api difusi merupakan suatu konfigurasi api dari salah satu konfigurasi api dalam perihal pembakaran. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk memahami dan menganalisa karakteristik nyala api [2]. *Inverse Diffusion Flame* adalah jenis konfigurasi api dengan jet udara bagian dalam dikelilingi oleh jet bahan bakar pada bagian luarnya [1,2,8]. Para peneliti membuktikan bahwa *Inverse diffusion flame* dapat menyala menggunakan konfigurasi pembakar koaksial sederhana ketika jet udara kecepatan tinggi yang dikelilingi oleh jet bahan bakar berbentuk cincindengan kecepatan rendah dinyalakan.Momentum relatif antara jet udara dan bahan bakar memastikan tingkat percampuran lebih baik pada konfigurasi *Inverse diffusion flame* dibandingkan dengan *Normal diffusion flame*. Dapat menarik hasil, konfigurasi *Inverse diffusion flame* dengan mudah menghasilkan jelaga lebih sedikit diabandingkan dengan nyala api yang lain [7,8] dan suhu maksimumnya mampu lebih tinggi dari nyala api difusi biasa pada nyala api yang ketinggianya berbeda [2].

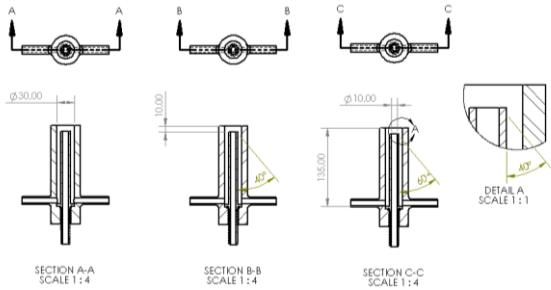
Pada penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik api yang dipengaruhi oleh perbedaan sudut chamfer luar lubang jet udara dan kapasitas aliran udara (Q_a) pada kapasitas aliran bahan bakar

(Q_f) yang konstan. Pada penelitian ini menggunaan model *burner co-axial*, berbahan bakar LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui api stabil dengan pengaruh dari sudut chamfer jet udara dan kapasitas aliran udara yang menggunakan model *burner co-axial*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang menggunakan jenis pembakaran *Inverse Diffusion Flame* dengan *burner* tipe *co-axial* buatan sendiri, yang menggunakan bahan bakar LPG (*Liquified Petroleum Gas*) berukuran 10 Kg.

PROSEDUR EKSPERIMEN

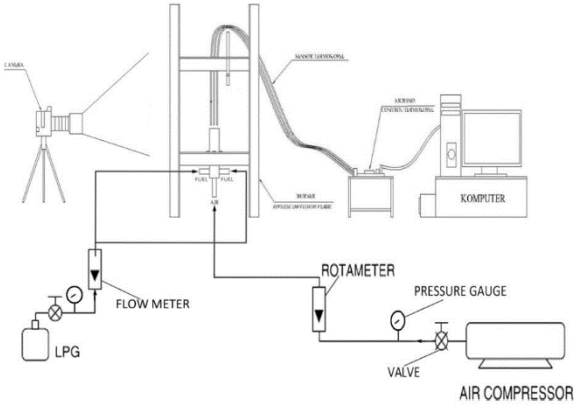
Prosedur pada studi eksperimen ini sebagai berikut :

1. Memastikan tekanan dan kapasitas aliran pada bahan bakar dan udara sesuai dengan yang di inginkan, yaitu tekanan bahan bakar (P_f) 0,75 bar dan tekanan udara (P_a) 5,5 bar sedangkan kapasitas aliran bahan bakar (Q_f) 1,0 Lpm dan kapasitas aliran udara (Q_a) 18 Lpm, 23 Lpm 28 Lpm.
2. Memastikan rumah *burner* tidak ada celah lubang untuk udara luar masuk, hal ini dapat mempengaruhi api stabil dan bentuk api.
3. Dalam pembuatan *burner*, diperlukan ukuran yang presisi karena dapat mempengaruhi bentuk api dengan cara memperkecil toleransi ukuran *burner*.



Gambar 1. *Burner* co-axial

4. Memastikan koneksi antara perangkat keras yaitu termokopel, mikrokontroler dan laptop dengan perangkat lunak, meliputi PLX tersambung dengan baik
5. Pada saat pengambilan data berupa foto, gunakan *tripod* yang *rigid* dan penempatan kamera harus sejajar terhadap permukaan *burner hal* ini untuk mendapatkan kualitas foto yang baik, pada penelitian ini menggunakan kamera DSLR dengan pengaturan kamera ISO 3200, *Shutter speed* 1/100s dan diafragma f.5.6.



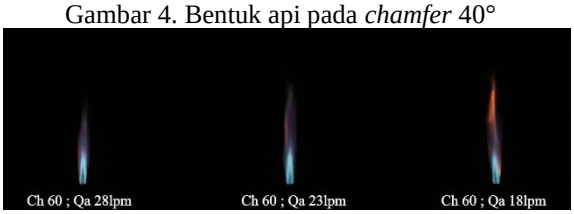
Gambar 2. Skema penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Foto bentuk api

Gambar 3. Bentuk api pada *chamfer* 0°

Gambar 4. Bentuk api pada *chamfer* 40°

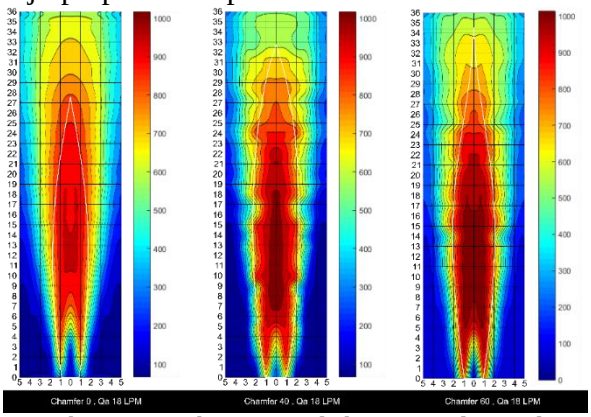


Gambar 5.Bentuk api pada *chamfer* 60°

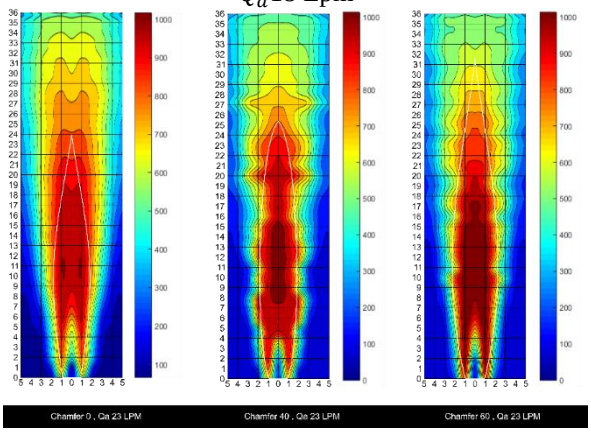
2. Ketinggian api aktual dan distribusi api

Gambar distribusi temperatur didapat dari pengolahan data menggunakan Matlab 2015a, setelah itu hasil gambar dari Matlab diolah

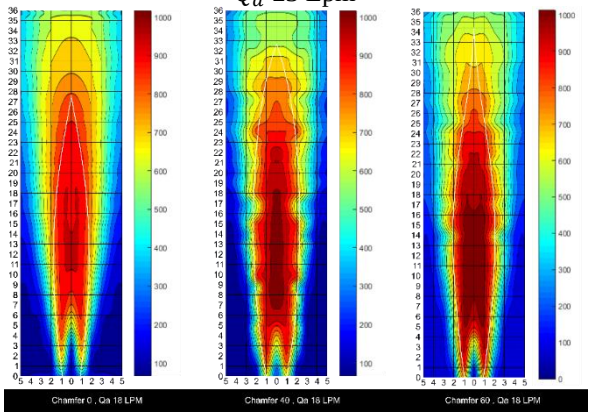
kembali menggunakan perangkat lunak CorelDraw X7 untuk mendapatkan ketinggian api aktual dengan menyematkan *outline* dan membuat *gridline*, dimana ketinggian ini untuk membantu perhitungan laju perpindahan panas radiasi.



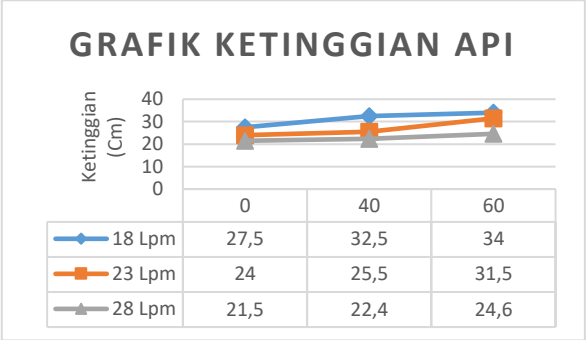
Gambar 7. Distribusi api pada kapasitas aliran udara Q_a 18 Lpm



Gambar 8. Distribusi api pada kapasitas aliran udara Q_a 23 Lpm



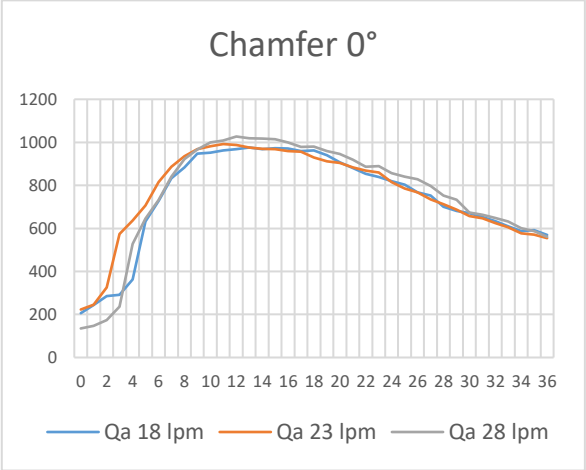
Gambar 9. Distribusi api pada kapasitas aliran udara Q_a 28 Lpm



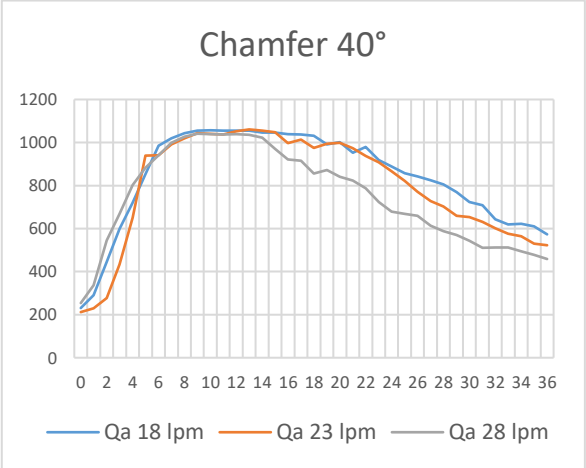
Gambar 10. Grafik ketinggian api

3. Temperatur pada garis tengah (*centre line*)

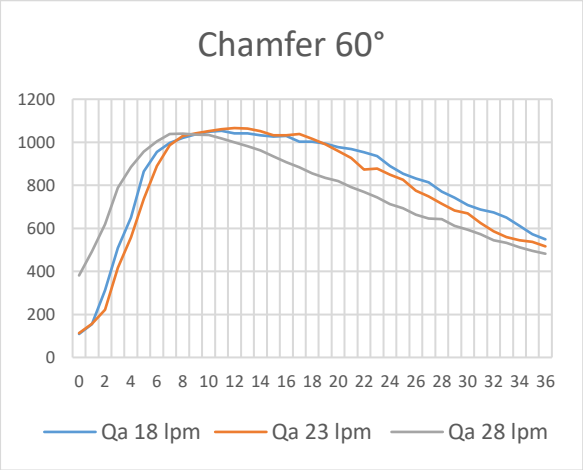
Salah satu karakteristik api adalah temperatur pada garis tengah (*centerline*), dimana temperatur ini didapat dari data yang berada pada termokopel 1 pada penelitian ini.



Gambar 11. Grafik temperatur garis tengah pada *chamfer* 0°



Gambar 12. Grafik temperatur garis tengah pada *chamfer* 40°



Gambar 13. Grafik temperatur garis tengah *chamfer* 60°

4. Laju perpindahan panas radiasi (q_r)

Tabel 1. Laju perpindahan panas radiasi pada *chamfer* 0°

Chamfer 0°			
ketinggian (Cm)	Qa = 18 lpm	Qa = 23 lpm	Qa = 28 lpm
0-1	10,4894	19,1178	14,5457
1-2	10,0583	34,0445	30,6285
2-3	23,7933	39,8743	29,8588
3-4	38,2113	40,0701	32,5858
4-5	41,7026	36,0713	34,1558
5-6	36,9048	49,4399	35,1506
6-7	30,8446	56,2016	42,916
7-8	35,2304	40,7901	70,2657
8-9	28,4446	32,0806	84,3351
9-10	41,4723	45,0984	80,4328
10-11	63,0463	66,732	75,8333
11-12	53,6445	70,3604	68,6327
12-13	60,5056	88,2972	58,5842
13-14	59,6996	74,2736	48,0653
14-15	56,9412	57,1909	52,9117
15-16	43,998	41,8506	65,0485
16-17	28,9841	31,772	59,3959
17-18	37,5841	32,1546	46,3628
18-19	45,6739	35,4525	34,4375
19-20	40,8404	44,8573	22,2449
20-21	33,5527	39,2031	12,9097
21-22	30,6091	19,7181	0
22-23	32,5723	8,61597	0
23-24	33,1239	0	0
24-25	27,7727	0	0
25-26	15,0991	0	0
26-27	6,99339	0	0
27-28	0	0	0
28-29	0	0	0
29-30	0	0	0
30-31	0	0	0
31-32	0	0	0
32-33	0	0	0
33-34	0	0	0
34-35	0	0	0
35-36	0	0	0

Tabel 2. Laju perpindahan panas radiasi pada *chamfer* 40°

Chamfer 40°			
ketinggian (Cm)	Qa = 18 lpm	Qa = 23 lpm	Qa = 28 lpm
0-1	14,0516	21,0358	29,7386
1-2	14,4701	37,0792	57,354
2-3	32,8829	43,4003	56,0639
3-4	51,4826	43,6918	61,0381
4-5	55,3687	39,4809	66,2618
5-6	50,5293	53,7651	69,9954
6-7	44,9242	60,9972	83,1693
7-8	49,4704	44,6038	123,497
8-9	40,2886	35,2802	149,873
9-10	57,31	49,2033	139,767
10-11	83,8747	69,9526	130,104
11-12	69,0481	72,8951	123,243
12-13	76,0489	94,9296	115,168
13-14	78,8016	83,3998	94,5327
14-15	80,8042	70,3398	96,4933
15-16	66,5034	53,6054	110,495
16-17	46,2288	44,9195	99,8617
17-18	61,8725	52,3407	78,1287
18-19	80,3015	58,5498	59,0683
19-20	76,2184	76,5801	38,9068
20-21	68,2714	77,8733	23,0067
21-22	68,5102	65,035	10,0155

22-23	75,3258	58,5657	0
23-24	88,1217	43,8032	0
24-25	86,0424	23,1769	0
25-26	65,3584	0	0
26-27	54,1544	0	0
27-28	53,0817	0	0
28-29	50,1931	0	0
29-30	34,4496	0	0
30-31	22,5204	0	0
31-32	11,4969	0	0
32-33	0	0	0
33-34	0	0	0
34-35	0	0	0
35-36	0	0	0

Tabel 3. Laju perpindahan panas radiasi pada *chamfer* 60°

Chamfer 60°			
ketinggian (Cm)	Qa = 18 lpm	Qa = 23 lpm	Qa = 28 lpm
0-1	45,2943	53,1839	25,6928
1-2	56,3717	56,4305	29,2123
2-3	57,9434	55,267	33,8532
3-4	59,2297	45,5706	49,0939
4-5	60,5158	39,5852	72,1796
5-6	61,3755	37,2694	98,1305
6-7	60,8432	39,9415	130,104
7-8	65,0325	66,3369	158,651
8-9	71,3379	85,4976	171,182
9-10	74,3774	83,4966	175,539
10-11	84,3486	92,7835	171,486
11-12	86,9792	82,494	165,088
12-13	84,6741	74,9208	157,046
13-14	70,9236	78,8126	146,161
14-15	78,4926	76,3577	126,312
15-16	105,214	59,4071	110,916
16-17	90,3529	60,1988	93,3234
17-18	88,3667	77,2098	67,6107
18-19	92,6903	59,5699	51,8206
19-20	83,2452	53,2547	38,7567
20-21	73,2959	63,0775	27,7214
21-22	71,4899	66,0822	18,5223
22-23	74,5453	63,7228	11,3607
23-24	68,4038	55,0353	0
24-25	53,4186	47,3935	0
25-26	41,0469	38,2274	0
26-27	37,1368	28,4372	0
27-28	26,2058	20,7104	0
28-29	17,1301	13,9502	0
29-30	13,6773	9,86589	0
30-31	10,9867	5,05412	0
31-32	7,40019	0	0
32-33	4,07653	0	0
33-34	0	0	0
34-35	0	0	0
35-36	0	0	0

5. Rasio ekuivalen *(ϕ)*

$$\phi = \frac{m_a}{m_f} = \frac{M_a N_a}{M_f N_f}$$

Rasio ekuivalen (ϕ) adalah perbandingan antara AFR aktual dengan AFR stoikiometri, dari hasil perhitungan rasio ekuivalen dapat menentukan hasil pembakaran tersebut termasuk, pembakaran campuran kaya (ϕ>1), pembakaran campuran miskin (ϕ<1) atau pembakaran campuran sempurna (ϕ=1).

Tabel 4. Hasil perhitungan rasio ekuivalen (ϕ)

Ch	$Q_f$konstan (Lpm)	Q_a (Lpm)	AFR actual	AFR stoikiometri	Rasio ekivalen (shie) Φ
0°	1,0	18	0,135	15.60	108,12
		23	0,1373	15.60	106,32
		28	0,1396	15.60	104,58
40°	1,0	18	0,135	15.60	108,12
		23	0,1373	15.60	106,32
		28	0,1396	15.60	104,58
60°	1,0	18	0,135	15.60	108,12

		23	0,1373	15.60	106,32
		28	0,1396	15.60	104,58

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa diatas bahwa q_r tergantung pada A_s dan T_s, dari penelitian ini q_r terbaik pada *chamfer* 60° dengan kapasitas aliran udara (Q_a) 28 Lpm menghasilkan energi sebesar 175,5389542 Watt karena pada temperatur selimut api(T_s) 1295 K dan luas selimut api (A_s) 0,001104481m^2.

Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai *Inverse Diffusion Flame* ialah ;

1. Agar pengukuran lebih akurat sebaiknya mekanis termokopel secara otomatis menggunakan robot.
2. Dalam pembuatan *burner* sebaiknya menggunakan toleransi ukuran yang lebih kecil, agar hasil api pembakaran mampu tegak lurus .
3. Pada penelitian, gunakan kompresor dengan kapasitas diatas 10bar dan tipe pengering udara silika.

PENGHARGAAN

Penghargaan setinggi-tingginya diberikan kepada kedua orang tua penulis dan bapak Ir. Gatut Prijo Utono, MSc. selaku dosen pembimbing, serta rekan-rekan mahasiswa teknik mesin angkatan 2016 atas bantuan berupa motivasi dan doa sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

REFERENSI

1. Dong, L.L, Cheung, C.S, Leung,C.W. 2012. *Heat Transfer optimization of an impinging port-array inverse diffusion flame jet. Sciencedirect*. 49 : 182-192.
2. Sze, L.K, Cheung, C.S, Leung, C.W. 2004. *Temperature distribution and Heat transfer characteristics of an Inverse Diffusion Flame with circumferentially arranged fuel port*. *Sciencedirect*. 47 : 3119-3129.
3. Wu , K.T., Essenhigh , R.H . *Mapping and structure of inverse diffusion flame of methane* : *Twentieth symposium International on combustion*. 1984, pp : 1925-1932.
4. Sobiesiak, A., & Wenzell, J. C. (2005). *Characteristic and structure of inverse flames of natural gas . Proceedings of the Combustion Institute 30, 743-749.*
5. McAllister, Sara, Chen , J.Y., Fernandez–Pello , A.C. 2011. *Fundamentals of Combustion Processes*. *Springer Science and business media*. *New York.*
6. Fauzi , Ahmad . 2019. Efek perubahan chamfer ujung jet burner dan laju aliran udara dengan tekanan bahan bakar terhadap struktur api idf [Skripsi]. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
7. Kamal,M.M . 2007. *Innovative study of co-axial normal and inverse diffusion flames*. *Proceedings of Institution of Mechanical Engineers Part A journal of Power and Energy*. 222 (2) : 253-270.
8. Akbar, Ilham fadilah. 2019. Kaji eksperimen pengaruh rasio panjang pipa udara - bahan bakar terhadap karakteristik api pada *inverse diffusion flame* berbahan bakar LPG [Skripsi]. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

9. Glassman, I., Yetter, R.A., Glumac, N.G. 2015. *Combustion*. *5th edition*. Oxford .
10. El-Mahallawy, F., Habik, S E-Din., 2002. *Fundamentals and Technology of Combustion*. (*1st Edition*). *Elsevier Science*. 862.
11. Law, Chung K. 2006. *Combustion Physics*. *Cambridge University Press*. Cambridge.
12. Mandala, Felicia Angraini., Dhipura, I Made Kartika. 2013. Fenomena *Flashback* Diruang Bakar Jet Menggunakan *Flame Holder* [Jurnal]. Universitas Indonesia.
13. Scholefield, D.A.; Garside, J.E. 1948. *The structure and stability of diffusion flames. Symposium on Combustion and Flame, and Explosion Phenomena.* **3** (1): 102–110.
14. Kreith, Frank. 1973 . *Principles of heat transfer. 3rd edition.* New York.
15. Sidebotham GW, and Glassman I. 1992. *Flame temprature, fuel structure, and fuel cencentration effect on inverse diffusion flame. Combust Flame.* 90: 269-283.
16. Warnatz, J., Maas, U., & Dibble, R. (1996). *Combustion: physical and chemical fundamentals, modelling and simulation, experiments, pollutant formation. Springer-Verlag* . Berlin Heidelberg.