

Tumbukan Droplet Ganda pada Permukaan Panas

Windy H Mitrakusuma^{1,2}, Ahmad Maulana³, Deendarlianto⁴, Samsul Kamal⁴

Program Pascasarjana Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada,¹
Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung²
windyhm@polban.ac.id

Program Sarjana Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada³
Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada⁴

Abstrak

Pengamatan dinamika droplet ganda pada permukaan panas telah dilakukan. Droplet ganda dengan diameter 2,8 mm dijatuhkan secara beruntun pada permukaan panas yang temperaturnya divariasikan dari 110 °C hingga 240 °C. Droplet dijatuhkan dari ketinggian 7 cm, sehingga diperoleh bilangan Weber sama dengan 52,6. Permukaan panas yang diujikan, terdiri dari normal stainless steel (NSS), stainless steel yang dilapisi dengan TiO₂ (UVN), stainless steel yang dilapisi dengan TiO₂ serta disinari dengan ultra violet (UVW). Sebaran droplet diamati menggunakan pemrosesan citra, dan temperatur permukaan dicatat menggunakan mikrokontroler. Hasil yang diperoleh antara lain: dinamika tumbukan droplet ganda terlihat jelas pengaruhnya pada temperatur permukaan yang rendah. Pada temperatur tinggi, dengan frekuensi jatuhnya droplet yang digunakan, cenderung droplet hilang sesaat sebelum droplet berikutnya jatuh menumbuk permukaan. Selain itu diperoleh bahwa sudut kontak yang kecil, menunjukkan wettability yang lebih besar. Seiring dengan kenaikan sudut kontak, sebaran droplet cenderung turun untuk pengamatan pada temperatur yang digunakan.

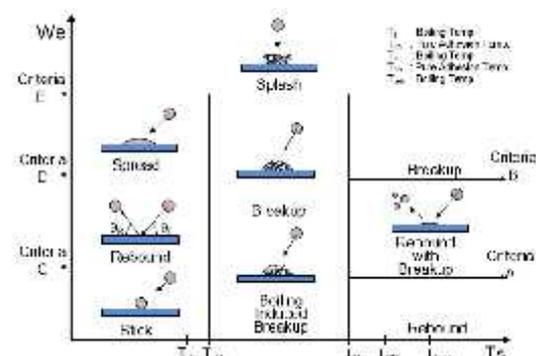
Kata Kunci: droplet ganda, wettability, sebaran droplet, temperatur permukaan

1. Pendahuluan

Spray cooling merupakan salah satu contoh pemanfaatan droplet ganda (*multiple droplets*) dalam dunia teknologi untuk hal pendinginan, misalnya saja pendinginan permukaan panas pada proses reaksi inti nuklir, pembentukan material saat *quenching*, dan pendinginan peralatan elektronik. Atau misalnya, pada *internal combustion engine*, interaksi antara droplet bahan bakar dengan dinding ruang bakar merupakan hal yang mempengaruhi proses atomisasi dan pencampuran sebelum pembakaran. Sedangkan pengecatan semprot (*spray painting*) dan pelapisan semprot (*spray coating*) (Chandra dan Avedisian, 1991) merupakan contoh-contoh lain penggunaan *multiple droplets* dalam bidang teknologi (Grissom & Wierum, 1981; Bechtel et al., 1981; Chandra & Avedisian, 1991; Bernardin et al., 1997; Deendarlianto et al., 2008; Eggers et al., 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Pautsch dan Shedd, membuktikan bahwa efektifitas spray cooling mampu meningkatkan laju perpindahan kalor pada *multi-chip module* (MCM) dengan variasi jumlah nozzle (Shedd & Pautsch, 2005). Penelitian lain dilakukan oleh Horacek dkk., menghasilkan bahwa efektifitas *spray cooling* terbukti mampu meningkatkan laju perpindahan kalor pada *multi - array heater*. (Horacek et al., 2005) Dari kedua penelitian tersebut dapat disimpulkan nilai laju perpindahan panas pada sistem pendingin spray cooling tinggi sehingga temperatur material panas akan lebih cepat turun.

Dalam pemanfaatan *spray cooling* perlu dipelajari mengenai suatu sifat antara droplet dan permukaan yaitu sifat mampu basah (*wettability*), atau kadang disebut pula sebagai derajat kebasahan. *Wettability* merupakan kemampuan dari droplet untuk membasahi permukaan atau ukuran luasan dari droplet yang menyentuh permukaan dari bidang datar. *Wettability* berkaitan erat dengan interaksi yang terjadi antara permukaan datar dengan fluida. Semakin tingkat derajat kebasahan, semakin besar daerah yang dibasahi oleh droplet (fluida) maka perpindahan kalor juga semakin besar (Deendarlianto et al., 2008).



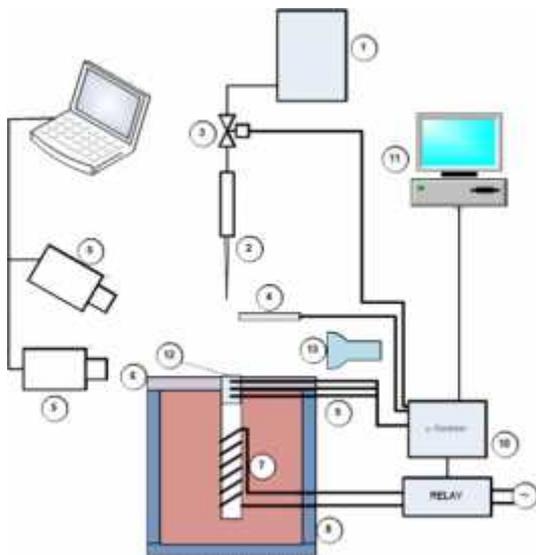
Gambar 1. Peta tumbukan droplet, diadaptasi dari (Lee & Ryu, 2006)

Mekanisme droplet ketika menumbuk permukaan panas, secara skematik ditunjukkan pada Gambar 1. Pada gambar tersebut, nampak bahwa fenomena droplet ketika menumbuk

permukaan panas akan bergantung pada bilangan Weber (We) dan juga temperatur permukaan (T_s). Pada kondisi We kecil dan temperatur permukaan rendah, maka droplet cenderung menempel pada permukaan, sebaliknya pada We tinggi ataupun temperatur tinggi droplet akan menciprat di permukaan. Fenomena droplet ketika menumbuk permukaan panas, khususnya saat terjadinya gelembung uap, telah dipelajari pula sebagaimana disajikan oleh Mitrakusuma dkk. (Mitrakusuma et al., 2016).

Dalam kaitannya dengan perpindahan panas, terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi nilai laju perpindahan panas pada *spray cooling*. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah bilangan Weber, jumlah droplet dan frekuensinya, jenis material yang erat kaitannya dengan *wettability* dan konduktivitas termal, temperatur permukaan, dll. Salah satu fenomena yang terjadi pada *spray cooling by multiple droplets impingement* adalah perpindahan panas atau heat transfer. Pada laporan ini akan disampaikan mekanisme tumbukan droplet ganda saat menumbuk permukaan dan perubahan temperatur permukaan saat droplet ditetaskan.

2. Metode



Gambar 2. Skematik pengujian

Skematik pengujian ditunjukkan pada Gambar 2. Pemanas (7), menghasilkan panas yang disalurkan melalui batang aluminium untuk memanaskan spesimen (12). Aliran listrik ke pemanas diatur menggunakan mikroprosesor (10), sehingga temperatur spesimen dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Pada spesimen, dipasang termokopel (9) untuk mengukur memprediksi temperatur permukaan, dan digunakan sebagai masukan pengontrol untuk mematikan atau menghidupkan pemanas. Mikroprosesor yang digunakan adalah Arduino Uno, dengan dilengkapi sensor temperatur

menggunakan termokopel jenis K dengan adapter MAX6675. Droplet dijatuhkan dari jarum tetes (2), dengan membuka menutup saluran dan mengatur frekuensi tetesan (3). Frekuensi jatuhnya droplet diukur dengan pencacah droplet. Katup saluran air diatur oleh mikroprosesor berdasarkan masukan sinyal dari pencacah droplet. Kamera dipasang pada dua posisi, dengan sudut penempatan kamera (5) pada 0° dan 30° untuk melihat sebaran dan dinamika droplet saat jatuh. Hasil perekaman video dan temperatur disimpan dalam komputer (11), yang kemudian diolah melalui pemrosesan citra untuk mendapatkan sebaran droplet. Pengukuran sebaran droplet dilakukan menggunakan metoda yang disampaikan oleh Mitrakusuma dkk. (Mitrakusuma et al., 2014). Spesimen dipasang pada dudukan dengan dilengkapi termokopel (12). Dalam penelitian ini digunakan 3 spesimen metal yaitu normal stainless steel (NSS), stainless steel yang dilapisi dengan TiO_2 (UVN), stainless steel yang dilapisi dengan TiO_2 serta disinari dengan ultra violet (UVW). Bilangan Weber (We) yang digunakan pada percobaan ini adalah 52.6. Bilangan Weber tersebut diperoleh dengan menjatuhkan droplet, yang berdiameter 2,8 mm, dari ketinggian 7 cm di atas permukaan panas.

Pada pengujian yang dilakukan sebelumnya, sudut statis pada permukaan diuji dengan cara meneteskan droplet pada permukaan dalam suhu kamar, kemudian diamati dengan melihat citra terbentuk dan diukur sudut kontak. Dari hasil yang diperoleh, berturut-turut diperoleh sudut kontak $UVW < UVN < NSS$. Mengingat bahwa sudut kontak merupakan kuantisasi dari derajat kebasahan (Coursey, 2007), maka UVW mempunyai *wettability* terbesar dibandingkan dengan yang lainnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk menggambarkan pola tumbukan multi droplet di atas permukaan panas, akan disampaikan penjelasan tumbukan droplet di permukaan UVN. Pola tumbukan 3 tetes droplet pertama yang dijatuhkan permukaan panas ditunjukkan pada gambar 3 sampai dengan 6.

Waktu (ms)	Tetes 1	Waktu (ms)	Tetes 2	Waktu (ms)	Tetes 3
0		699.7		1347.9	
13.3		705.8		1352.1	
24.9		713		1367.9	
33.2		737.9		1386.1	
121		863.2		1504.6	

Gambar 3. Tumbukan droplet pada permukaan UVN, temperatur permukaan $110^\circ C$

Memperhatikan Gambar 3 di atas, nampak bahwa saat droplet jatuh dan kemudian menumbuk permukaan, droplet akan menyebar (spreading) ke semua arah radial, dan kemudian diam. Dalam masa diam ini, perpindahan panas terjadi pada droplet, dan menyebabkan droplet mulai menguap. Hal ini berlangsung, hingga droplet kedua mulai muncul 699,7 ms kemudian. Tetesan droplet kedua menyebabkan droplet kembali mendapat momentum, sehingga droplet membesar dan menyebar keluar lebih besar. Sampai akhirnya pada saat 863,2 ms droplet kembali menjadi stabil dengan ukuran droplet lebih besar. Droplet ketiga muncul dan menumbuk droplet di permukaan panas pada saat 1347,9 ms. Menyebabkan droplet kembali berosilasi, dan menyebar keluar dengan lebih besar lagi. Hal ini agak berbeda dengan pola tumbukan multi droplet di permukaan yang lebih panas. Gambar 4 berikut menunjukkan droplet dijatuhkan pada permukaan yang lebih panas, 140 °C.

Waktu (ms)	Tetes 1	Waktu (ms)	Tetes 2	Waktu (ms)	Tetes 3
0		704,7		1355,4	
5		710,6		1361,2	
23,2		742		1372,8	
33,2		823,4		1399,4	
146,9		929,6		1469,1	

Gambar 4. Tumbukan droplet pada permukaan UVN, temperatur permukaan 140 °C

Waktu (ms)	Tetes 1	Waktu (ms)	Tetes 2	Waktu (ms)	Tetes 3
0		711,3		1371,2	
5,8		719,6		1377	
22,4		735,4		1397,7	
29,1		745,3		1405,2	

Gambar 5. Tumbukan droplet pada permukaan UVN, temperatur permukaan 180 °C

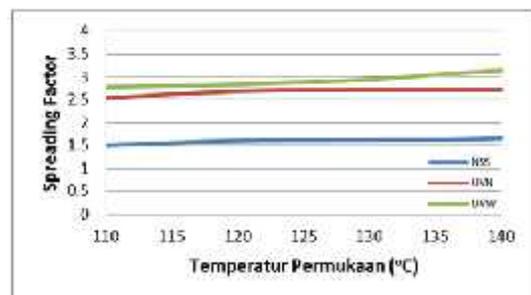
Pada Gambar 4, spesimen UVN temperatur permukaan 140 °C terlihat dari ketiga tetes tersebut mengalami fenomena *partial rebound* dan berosilasi hingga steady. Tetes pertama mengalami puncak osilasi pada 23.2 ms. Terlihat bahwa saat droplet kedua datang menumbuk, pada droplet pertama sudah nampak gelembung yang menyatakan pendidihan telah terjadi. Saat droplet kedua menumbuk gabungan droplet pada 704.7 ms mengalami penyebaran, dan nampak sebaran droplet menjadi lebih besar dibandingkan pada temperatur permukaan 110 °C. Pada saat ke 1355,4 ms, droplet ketiga datang menumbuk, dan saat itu pada dua droplet sebelumnya telah terjadi korona, yang menunjukkan saat itu dua droplet sebelumnya telah mengalami pendidihan. Tumbukan ini

menyebabkan ukuran didihan droplet menjadi lebih besar. Saat tumbukan terjadi temperatur dua droplet sebelumnya menjadi lebih dingin karena droplet ketiga mempunyai temperatur yang lebih dingin. Gabungan droplet kemudian menyebar, berosilasi dan menjadi "diam", dan kemudian mendidih.

Waktu (ms)	Tetes 1	Waktu (ms)	Tetes 2	Waktu (ms)	Tetes 3
0		794,3		1460	
18,3		806,8		1469,9	
33,2		820		1484,9	
46,4		840		1489,9	
79,7		861,5		1496,5	

Gambar 6. Tumbukan droplet pada permukaan UVN, temperatur permukaan 220 °C

Pada temperatur permukaan yang lebih tinggi, nampak pada Gambar 5 dan Gambar 6, bahwa droplet pertama, tidak lama setelah tumbukan sudah mengalami pendidihan dan pada saat droplet kedua jatuh menimpa, droplet pertama telah hilang menguap. Sehingga droplet kedua langsung menumbuk permukaan yang masih panas. Dan pola dinamika yang sama seperti pada droplet pertama terulang kembali. Demikian juga saat droplet ketiga menumbuk permukaan, akan berperilaku mirip dengan kasus droplet pertama maupun droplet kedua. Pada gambar nampak pula, droplet yang terdidihkan mengalami *rebouncing* atau *splashing*, akibat terbentuknya lapisan film di bagian bawah uap. Fenomena yang sama terjadi pada NSS dan UVW, seperti halnya pada UVN sebagaimana telah dibahas sebelumnya.



Gambar 7. Faktor sebaran maksimum (Spreading factor)

Sebaran droplet (*droplet spreading*) diperoleh dengan mengukur besarnya diameter yang menempel di permukaan panas. Sebaran droplet dapat dinyatakan sebagai bilangan tak berdimensi, yaitu disebut sebagai Rasio Sebaran Droplet (Droplet Spreading Ratio), yang didefinisikan sebagai:

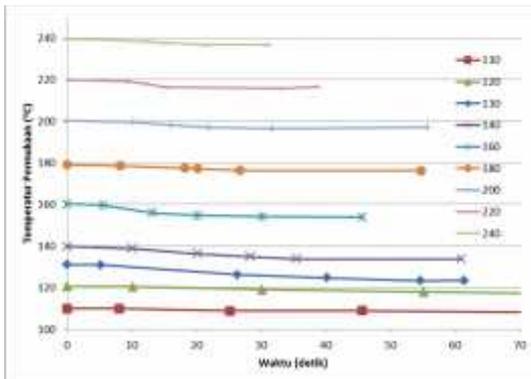
$$\beta = \frac{D}{D_0} \quad (1)$$

D adalah diameter sebaran droplet di permukaan, dan D_0 adalah diameter awal droplet saat dijatuhkan. Bila D_{max} adalah sebaran droplet maksimum, maka dengan demikian β_{max} , sebaran droplet maksimum, dapat dinyatakan sebagai:

$$\beta_{max} = \frac{D_{max}}{D_0} \quad (2)$$

Dengan menghitung sebaran droplet maksimum dari percobaan yang dilakukan, dan kemudian dihitung rasio sebaran dropletnya, maka diperoleh Gambar 7. Pada gambar tersebut ditunjukkan bahwa rasio sebaran droplet UVN mempunyai nilai paling besar di setiap percobaan yang dilakukan, sedangkan NSS mempunyai nilai yang paling kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa *wettability* yang besar menyebabkan sebaran droplet yang lebih besar. (Deendarlianto et al., 2008; Fukuda et al., 2014; Lee & Ryu, 2006; Takata et al., 2005)

Memperhatikan perubahan temperatur yang terjadi pada permukaan spesimen, Gambar 8 berikut menunjukkan penurunan temperatur permukaan pada NSS, pada range temperatur 100 – 240 °C.



Gambar 8. Penurunan temperatur permukaan NSS

Perubahan temperatur yang terjadi yaitu dari 110 °C turun hingga temperatur terendah yaitu pada 107.65 °C dengan waktu 85.45 detik. Pada temperatur 120 °C, perubahan temperatur terjadi yaitu dari 120.5 °C turun hingga temperatur terendah yaitu pada 116.74 °C dengan waktu 87.53 detik. Pada gambar di atas, hanya ditunjukkan sampai dengan 70 detik. Sementara itu, pada seting temperatur 130 °C, perubahan temperatur yang terjadi dari 131 °C turun hingga temperatur terendah yaitu pada 123.43 °C dengan waktu 54.62 detik. Untuk seting temperatur, penurunan terjadi dari 140 °C turun hingga 133.86 °C dalam waktu 35.44 detik. Demikian pula seterusnya untuk temperatur 160 °C sampai dengan 240 °C. Penjelasan pada gambar di atas, menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan penurunan temperatur yang tidak sama pada setiap seting temperatur yang dicobakan. Bila simpangan temperatur, yaitu selisih temperatur

maksimum dan minimum, dihitung pada seting temperatur yang dicoba, dan dihitung pula standar deviasinya, maka diperoleh data sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Simpangan temperatur dan standar deviasi temperatur permukaan pada pengujian NSS

Tpermukaan	NSS		
	Trata-rata	Std Dev	Tmax-Tmin
110	108.8	1.0	2.3
120	118.6	1.7	3.8
130	126.6	3.6	7.8
140	136.2	2.5	6.0
160	156.4	2.8	6.3
180	177.5	1.2	2.9
200	198.1	1.5	3.7
220	217.6	1.7	4.1
240	238.0	1.2	2.9
Rata rata		1.9	4.4

Tabel 2. Simpangan temperatur dan standar deviasi temperatur permukaan pada pengujian UVN

Tpermukaan	UVN		
	Trata-rata	Std Dev	Tmax-Tmin
110	108.1	0.7	1.7
120	117.4	1.2	3.1
130	125.3	2.7	6.9
140	136.2	2.6	6.7
160	156.7	1.4	3.7
180	175.8	2.7	7.0
200	194.2	3.5	8.3
220	215.5	3.3	8.1
240	234.6	3.4	8.3
Rata rata		2.4	6.0

Tabel 3. Simpangan temperatur dan standar deviasi temperatur permukaan pada pengujian UVW

Tpermukaan	UVW		
	Trata-rata	Std Dev	Tmax-Tmin
110	109.5	0.9	2.1
120	118.2	1.4	3.2
130	125.6	3.5	8.0
140	134.9	3.3	7.9
160	155.2	3.4	8.4
180	174.1	4.4	9.6
200	196.1	3.5	8.3
220	216.1	2.3	5.3
240	238.2	1.4	3.0
Rata rata		2.7	6.2

Berdasarkan tabel 1 di atas, maka rentang penurunan temperatur terbesar terjadi pada daerah 130 °C. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur tersebut, perpindahan panas dari permukaan NSS ke tetesan air terjadi dengan fluks kalor yang cukup besar.

Untuk permukaan UVN dan UVW, simpangan maksimum temperatur dan standar deviasi temperatur permukaan ditunjukkan pada tabel 2 dan 3.

Berdasarkan tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 di atas, dapatlah dianggap bahwa rata-rata simpangan temperatur pada NSS, UVN, dan UVW berturut-turut adalah 4,4 K; 6,0 K; dan 6,2 K. Sedangkan standar deviasinya masing-masing berharga 1,9; 2,4; dan 2,7. Hal ini menunjukkan bahwa, untuk rentang waktu pengamatan yang sama, penurunan temperatur pada permukaan UVW lebih besar dibandingkan UVN, dan NSS, dan menunjukkan bahwa perpindahan panas pada UVW rata-rata lebih cepat dibandingkan pada permukaan UVN dan NSS. Sedangkan penurunan temperatur pada NSS relatif paling lambat.

4. Kesimpulan

Pengamatan dinamika droplet ganda pada permukaan NSS, UVN, dan UVW telah dilakukan. Temperatur permukaan divariasikan dari 110 °C hingga 240 °C. Untuk We sama dengan 52,6, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis perlakuan material sangat berpengaruh terhadap sifat wettability. Terbukti dari hasil pengamatan terhadap 3 material yang sama namun diberikan perlakuan tambahan pada permukaannya. Dari percobaan didapatkan bahwa UVW (NSS yang di lapisi TiO₂ dan disinari ultraviolet) mempunyai sifat *wettability* yang paling baik. Selanjutnya spesimen UVN (NSS yang di lapisi TiO₂) mempunyai sifat *wettability* sedang. Sedangkan NSS mempunyai sifat *wettability* yang terkecil diantara ketiganya.
2. Tumbukan droplet ganda terlihat pengaruhnya pada temperatur permukaan yang rendah. Pada temperatur tinggi, dengan frekuensi jatuhnya droplet yang digunakan, cenderung droplet hilang sesaat sebelum droplet berikutnya jatuh menumbuk permukaan.
3. Sudut kontak yang kecil, menunjukkan *wettability* yang lebih besar. Seiring dengan kenaikan sudut kontak, sebaran droplet cenderung turun untuk pengamatan pada temperatur yang digunakan. Hal ini berpengaruh pula pada proses pendinginan spesimen, dimana semakin besar *wettability* permukaan, semakin cepat permukaan panas menjadi lebih dingin.

Daftar Pustaka

Bechtel, S.E. et al., 1981. Impact of a Liquid Drop Against a Flat Surface. *IBM J. Res. Develop.*, 25(6), pp.963–971.

Bernardin, J.D.I.D. et al., 1997. Contact angle temperature dependence for water droplets on practical aluminum surfaces. *International Journal of Heat and Mass*

Transfer, 40(5), pp.1017–1033.

- Chandra, S. & Avedisian, C.T.T., 1991. On the Collision of a Droplet with a Solid Surface. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 432(1884), pp.13–41.
- Coursey, J.S., 2007. *Enhancement of Spray Cooling Heat Transfer Using Extended Surfaces and Nanofluids*. University of Maryland.
- Deendarlianto et al., 2008. The effect of Contact Angle on Evaporation of Water Droplet on a Heated Solid Surface. In *Fifth Int. Conference on Transport Phenomena in Multiphase Systems, Bialystok, Poland*. Bialystok, Poland, pp. 59–64.
- Eggers, J. et al., 2010. Drop dynamics after impact on a solid wall: Theory and simulations. *Physics of Fluids*, 22(6), pp.1–14.
- Fukuda, S. et al., 2014. Behavior of Small Droplet Impinging on a Hot Surface. *Heat Transfer Engineering*, 35(2), pp.204–211. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01457632.2013.812496> [Accessed November 20, 2014].
- Grissom, W.M. & Wierum, F.A., 1981. Liquid spray cooling of a heated surface. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 24(866), pp.261–271.
- Horacek, B. et al., 2005. Single nozzle spray cooling heat transfer mechanisms. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48(8), pp.1425–1438. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0017931004005083> [Accessed November 25, 2014].
- Lee, S.Y. & Ryu, S.U., 2006. Recent progress of spray-wall interaction research. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 20(8), pp.1101–1117.
- Mitrakusuma, W.H. et al., 2016. Experimental investigation on the phenomena around the onset nucleate boiling during the impacting of a droplet on the hot surface Experimental Investigation on the Phenomena around the Onset Nucleate Boiling during the Impacting of a Droplet on the Hot S. *AIP Conference Proceedings*, 50002, pp.50002-1-8.
- Mitrakusuma, W.H. et al., 2014. Kajian Perilaku Droplet Saat Menumbuk Permukaan Panas dengan Pengolahan Citra. , (Snttm Xiii), pp.15–16.
- Shedd, T. a. & Pautsch, a. G., 2005. Spray impingement cooling with single- and multiple-nozzle arrays. Part II: Visualization and empirical models. *International Journal of Heat and Mass*

Transfer, 48(15), pp.3176–3184. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0017931005001699> [Accessed November 25, 2014].

Takata, Y. et al., 2005. Effect of surface wettability on boiling and evaporation. *Energy*, 30(2–4), pp.209–220. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S036054420400266X> [Accessed November 20, 2014].



SEMINAR NASIONAL
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID18/01471

**BERITA ACARA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016**

Pada hari ini Sabtu, tanggal 10 bulan Desember, tahun 2016 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) Ke -11, atas:

Nama Pemakalah : Windy H Mitrakusuma¹, Ahmad Maulana², Deendarlianto³, Samsul Kamal⁴
Judul Makalah : *Tumbukan Droplet Ganda pada Permukaan Panas*
Pukul : 10.45 – 11.00 WIB
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
Ruang : A.24
Moderator : Ir. Eka Yawara, MT.
Notulen : Agus Dwi Iskandar, S.Pd, M.Eng

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian Oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh moderator.

Jumlah Peserta yang Hadir : 6 Orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Moderator,

Ir. Eka Yawara, MT.

Pemakalah,

Windy-H Mitrakusuma¹,
Ahmad Maulana²,
Deendarlianto³, Samsul Kamal⁴



SEMINAR NASIONAL
REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID1001471

NOTULEN JALANNYA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016

Nama Pemakalah : Windy H Mitrakusuma¹, Ahmad Maulana², Deendarlianto³, Samsul Kamal⁴
Judul Makalah : *Tumbukan Droplet Ganda pada Permukaan Panas*
Pukul : 10.45 – 11.00 WIB
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
Ruang : A.24

Jalannya Acara Seminar:

1. Pembukaan oleh Moderator.
2. Paparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah.
3. Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan dari Pemakalah.

Adapun pertanyaan/kritik/saran dari Peserta Seminar terhadap Pemakalah serta tanggapan Pemakalah adalah sebagai berikut:

Pertanyaan / Kritik / Saran	Tanggapan Pemakalah
1. Bagiam bawah logam, yang menyebabkan pentalan sedikit dan melubar, kenapa seperti itu?	*- Perbedaan energi kinetik, dan tegangan permukaan - pengaruh temperatur yang berbeda.

4. Penutup: Oleh Moderator.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,



Dr. Ir. Sugarto, MT.

Ir. Eka Yawara, MT.

Windy H Mitrakusuma¹,
Ahmad Maulana², Deendarlianto³,
Samsul Kamal⁴