

**ANALISIS *HEAT INDEX* (HI) LEVEL PADA AREA KERJA PRODUKSI DENGAN
MENGUNAKAN SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC* (CFD)
(Studi Kasus: PT. Cakra Guna Cipta)**

**ANALYSIS OF *HEAT INDEX* (HI) LEVEL AT WORK PRODUCTION AREA USING
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD) SIMULATION
(Case Study: PT. Cakra Guna Cipta)**

Rizki Chandra Mauludi¹⁾, Sugiono²⁾, Remba Yanuar Efranto³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail: ercichandra@gmail.com¹⁾, sugiono_ub@ub.ac.id²⁾, remba@ub.ac.id³⁾

Abstrak

PT. Cakra Guna Cipta Malang adalah perusahaan yang memproduksi rokok “cakra”. Berdasarkan hasil pengamatan langsung di ruang produksi SKT terdapat banyak keluhan mengenai keadaan ruang produksi yang sangat panas. Berdasarkan perhitungan nilai heat index bahwa ruang kerja produksi Sigaret Kretek Tangan (SKT) termasuk dalam kategori bahaya ekstrim. Pada penelitian ini dilakukan perancangan beberapa skenario model alternatif digunakan untuk mengatasi permasalahan keadaan ruang produksi tersebut. Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) untuk mengetahui persebaran suhu di ruang produksi existing dan ruang produksi model alternatif. Perhitungan nilai heat index (HI) dari hasil simulasi CFD digunakan untuk mengetahui tingkat risiko yang terjadi pada pekerja. Pemilihan model alternatif terbaik dilakukan berdasarkan perbandingan nilai suhu, kelembaban relatif dan heat index. Model alternatif yang terpilih adalah model alternatif III melalui penambahan lubang ventilasi berukuran 90 cm x 20 cm dan 1 unit AC standing floor. Hasil simulasi CFD yang dilakukan pada alternatif skenario III didapatkan nilai heat index nilai HI tertinggi sebesar 36,0332, nilai HI terendah sebesar 29,5898 dan nilai HI rata-rata 32,4803. Dilihat pada Heat index (HI) tabel kondisi tersebut tersebut digolongkan pada daerah “hati-hati” dan “perhatian ekstrim”. Berdasarkan kategori HI pada alternatif III, risiko heat stroke dan kemungkinan ketidaksadaran dapat dihindari. Dengan adanya skenario perbaikan yang telah dilakukan maka diharapkan pekerja akan lebih merasa nyaman dan dapat meningkatkan kinerja.

Kata kunci: Peningkatan kenyamanan area kerja, computational fluid dynamic, heat index, solidwork

1. Pendahuluan

Di dalam suatu lingkungan kerja, pekerja akan menghadapi tekanan lingkungan. Tekanan tersebut dapat bersifat kimiawi, fisik, biologis, dan psikis. Tekanan yang berupa fisik khususnya tekanan panas memegang peranan yang penting. Oleh sebab itu lingkungan kerja harus diciptakan senyaman mungkin supaya didapatkan efisiensi kerja dan meningkatkan produktivitas (Santoso, 1985). Pekerjaan harus dikerjakan dengan cara dan dalam lingkungan yang memenuhi syarat kesehatan (Suma'mur, 1996). PT. Cakra Guna Cipta Malang adalah perusahaan yang memproduksi rokok “cakra”. Terdapat 2 macam proses produksi yaitu SKT dan Sigaret Kretek Mesin (SKM). Berdasarkan hasil pengamatan langsung di ruang produksi SKT terdapat banyak keluhan mengenai keadaan ruang produksi yang sangat panas dengan rentang suhu antara 29,8°C hingga 33,4°C (Kepmen No. 51, 1999). Berdasarkan

perhitungan nilai heat index dari suhu tersebut diketahui bahwa nilai tersebut termasuk dalam kategori bahaya ekstrim. Pada kategori ini, pekerja beresiko terkena heat stroke dan kemungkinan ketidaksadaran (Sugiono dan Hardiningtyas, 2013). Gambar 1 menunjukkan kondisi lingkungan pada area kerja produksi sigaret kretek tangan.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan beberapa skenario model alternatif digunakan untuk mengatasi permasalahan keadaan ruang produksi tersebut. Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) untuk mengetahui persebaran suhu di ruang produksi existing dan ruang produksi model alternatif. Perhitungan nilai *heat index* (HI) dari hasil simulasi CFD digunakan untuk mengetahui tingkat risiko yang terjadi pada pekerja. Pemilihan model alternatif terbaik dilakukan berdasarkan perbandingan nilai suhu, kelembaban relatif dan *heat index* (Sugiono dan Hardiningtyas, 2013).



Gambar 1. Kondisi Lingkungan Kerja Area Produksi Sigaret Kretek Tangan (Sumber: Pengambilan Data Langsung PT. Cakra Guna Cipta)

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang memusatkan perhatian pada keluhan pekerja terhadap suhu ruang produksi SKT dengan menggunakan *Heat Index* dan *Computational Fluid Dynamic* untuk meningkatkan kenyamanan pada area kerja produksi SKT PT. Cakra Guna Cipta (Mardalis, 1999).

2.1 Data Suhu dan Kelembapan Relatif Udara dan Kecepatan Udara di Ventilasi

Pengukuran data suhu dan kelembapan udara digunakan sebagai masukan dalam simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Pengukuran data suhu dan kecepatan udara ventilasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara pengambilan *sample* pada saat jam kerja. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran suhu di dalam area kerja produksi.

Tabel 1. Hasil pengukuran suhu dan kecepatan udara ventilasi pada area produksi PT. Cakra Guna Cipta Malang

Waktu pengambilan sampel		Suhu area kerja (°C)	Kecepatan udara di ventilasi (m/s)
Hari 1(4 Oktober 2014)	Pagi	29,8	1,2
	Siang	32	1,07
Hari 2(11 Oktober 2014)	Pagi	30,1	1,1
	Siang	33,4	1,03
Hari 3 (18 Oktober 2014)	Pagi	30	1,4
	Siang	32,2	1,05

2.2 Langkah-langkah penelitian

1. Perancangan Model Simulasi *Existing*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model simulasi *existing* untuk mengetahui nilai humidity relative dan pola aliran temperatur yang terjadi pada area produksi SKT.

2. Perhitungan Nilai *Heat Index* (HI) *Existing*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai *heat index* dari model simulasi *existing* untuk mengetahui tingkat risiko dan dampak yang akan dialami oleh pekerja.

3. Perancangan Model Simulasi Alternatif

Setelah diketahui daerah kritis pada ruang kerja *existing* maka dilakukan perancangan model alternatif untuk mendapatkan suhu area kerja yang baik.

4. Perhitungan Nilai *Heat Index* (HI) Alternatif

Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai *heat index* dari model simulasi alternatif yang telah dilakukan

5. Perbandingan Nilai *Heat Index* Awal dan Akhir

Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara nilai *heat index* awal dan *heat index* alternatif untuk mendapatkan kondisi terbaik dari ruang kerja produksi SKT.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan perancangan 3D CAD model ruang kerja produksi SKT, Simulasi CFD dan perhitungan nilai *Heat Index*.

3.1 Perancangan Model Simulasi Pada Kondisi *Existing*

Pada tahap ini dilakukan perancangan 3D CAD model berupa perancangan ruang kerja produksi, meja pekerja, kursi pekerja, meja mandor dan kursi mandor. Selanjutnya dilakukan simulasi CFD model dan perhitungan *Heat Index* pada kondisi *existing*. 3D CAD model dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

3.1.1 Simulasi CFD Pada Kondisi *Existing*

Tahap ini dilakukan simulasi pada 3D CAD model *existing*. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan akan menimbulkan rasa yang kurang nyaman pada saat proses produksi

berlangsung. Hasil simulasi ditunjukkan pada

3.1.2 Perhitungan Heat Index Existing

Tahap ini dilakukan perhitungan nilai *heat index* dari model existing untuk mengetahui tingkat risiko yang akan dialami oleh pekerja. Berdasarkan nilai suhu tertinggi sebesar 32,3158 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* tertinggi sebesar 55,1612. Berdasarkan nilai suhu terendah sebesar 31,002 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* terendah sebesar 48,4219. Berdasarkan nilai suhu rata-rata sebesar 31,6585 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* tertinggi sebesar 51,7394. Dari tabel *Heat Index* dapat diketahui bahwa nilai-nilai tersebut termasuk dalam kategori bahaya dan bahaya ekstrim (NOAA, 2009).

3.2 Perancangan Model Simulasi Alternatif

Pada tahap ini dilakukan perancangan 3D CAD model alternatif berupa AC Standing Floor pada Gambar 5. Selanjutnya dilakukan simulasi CFD model dan perhitungan Heat Index pada kondisi Model simulasi Alternatif. Hal ini bertujuan untuk mengurangi nilai *Heat Index Existing* yang tinggi, mengurangi resiko yang terjadi dan meningkatkan kenyamanan dari setiap pekerja yang ada di ruang produksi. Untuk mengurangi resiko yang ada, maka dirancang 3 model skenario ruang kerja alternatif yang akan disimulasikan.

3.3 Simulasi CFD pada Kondisi Skenario Alternatif I

Pada tahap ini dilakukan perancangan skenario alternatif I untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik daripada kondisi existing. Perancangan skenario alternatif I dilakukan dengan menambahkan lubang ventilasi berukuran 200 cm x 300 cm sebanyak 6, ventilasi berukuran 90 cm x 20 cm sebanyak 2 buah. Pembuatan model alternatif skenario I berdasarkan hasil simulasi kondisi *Existing*. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

3.3.1 Perhitungan Heat Index Pada Skenario Alternatif I

Tahap ini dilakukan perhitungan nilai *heat index* dari model alternatif I untuk mengetahui tingkat risiko yang akan dialami oleh pekerja. Berdasarkan nilai suhu tertinggi sebesar 31,8919 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index*

Gambar 3 dan Gambar 4.

tertinggi sebesar 35,2439. Berdasarkan nilai suhu terendah sebesar 29,2124 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* terendah sebesar 30,5304. Berdasarkan nilai suhu rata-rata sebesar 30,552 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* tertinggi sebesar 32,7122. Dari tabel *Heat Index* dapat diketahui bahwa nilai-nilai tersebut termasuk dalam kategori perhatian ekstrim dan hati-hati.

3.4 Simulasi CFD pada Kondisi Skenario Alternatif II

Pada tahap ini dilakukan perancangan skenario alternatif II untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik daripada kondisi existing dan alternatif I. Pada perancangan skenario alternatif II dilakukan dengan menambahkan lubang ventilasi berukuran 200 cm x 300 cm sebanyak 6, ventilasi berukuran 90 cm x 20 cm sebanyak 2 buah dan sebuah sekat dinding dengan panjang 1,8 meter lebar sebesar 1,7 meter dan tinggi sebesar 3,76 meter. Pembuatan model alternatif skenario II dilakukan penambahan sebuah sekat dinding yang digunakan untuk memperluas jangkauan distribusi udara yang dikeluarkan oleh AC. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

3.4.1 Perhitungan Heat Index Pada Skenario Alternatif II

Tahap ini dilakukan perhitungan nilai *heat index* dari model alternatif I untuk mengetahui tingkat risiko dan dampak yang akan dialami oleh pekerja. Berdasarkan nilai suhu tertinggi sebesar 31,8496 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* tertinggi sebesar 35,8646. Berdasarkan nilai suhu terendah sebesar 29,3816 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* terendah sebesar 31,1607. Berdasarkan nilai suhu rata-rata sebesar 30,6156 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* tertinggi sebesar 33,3278. Dari tabel *Heat Index* dapat diketahui bahwa nilai-nilai tersebut termasuk dalam kategori perhatian ekstrim dan hati-hati.

3.5 Simulasi CFD pada Kondisi Skenario Alternatif III

Pada tahap ini dilakukan perancangan skenario alternatif II untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik daripada kondisi existing, alternatif I dan alternatif II. Pada

perancangan skenario alternatif III dilakukan dengan menambahkan ventilasi berukuran 90 cm x 20 cm sebanyak 2 buah dan 1 unit AC. Pada skenario alternatif III dilakukan pengurangan ventilasi berukuran 200 cm x 30 cm. Hal ini bertujuan agar distribusi udara yang dikeluarkan oleh AC lebih maksimal tidak keluar dari ruang produksi SKT. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.

3.5.1 Perhitungan Heat Index Pada Skenario Alternatif III

Tahap ini dilakukan perhitungan nilai *heat index* dari model alternatif III untuk mengetahui tingkat risiko dan dampak yang akan dialami oleh pekerja. Berdasarkan nilai suhu tertinggi sebesar 31,9096 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* tertinggi sebesar 36,0332. Berdasarkan nilai suhu terendah sebesar 28,322 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* terendah sebesar 29,5898. Berdasarkan nilai suhu rata-rata sebesar 30,115 °C, maka didapatkan nilai *Heat Index* tertinggi sebesar 32,4803. Dari tabel *Heat Index* dapat diketahui bahwa nilai-nilai tersebut termasuk dalam kategori perhatian ekstrim dan hati-hati.

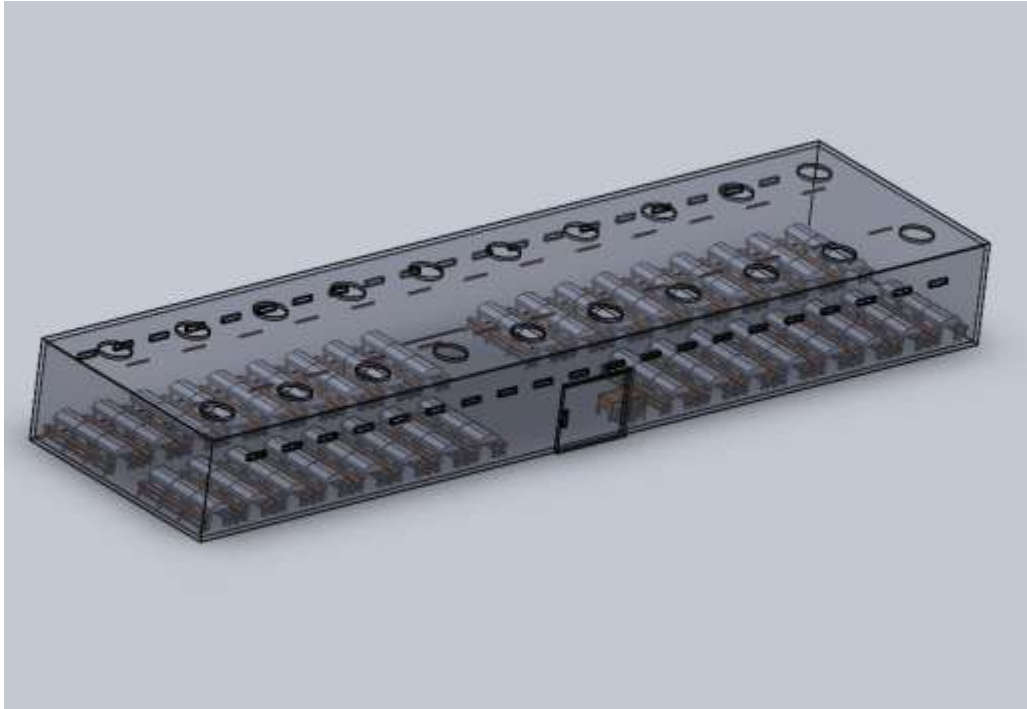
4. Analisa Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan simulasi *existing* yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruang kerja produksi adalah 32,3158°C sedangkan nilai suhu terendah sebesar 31,002°C dan memiliki nilai rata-rata suhu sebesar 31,6585°C. Nilai kelembaban relatif tertinggi sebesar 98,79%. Hasil *heat index* kondisi *existing* tertinggi adalah sebesar 55,1612 dan terendah 48,4219 sehingga didapat nilai *heat index* rata-rata kondisi *existing* sebesar 51,7394. Berdasarkan tabel *heat index*, hasil nilai tersebut termasuk dalam kategori “bahaya” dan “bahaya ekstrim”. Maka dari itu perlu ada skenario alternatif perbaikan untuk mengurangi potensi bahaya yang akan terjadi pada pekerja.

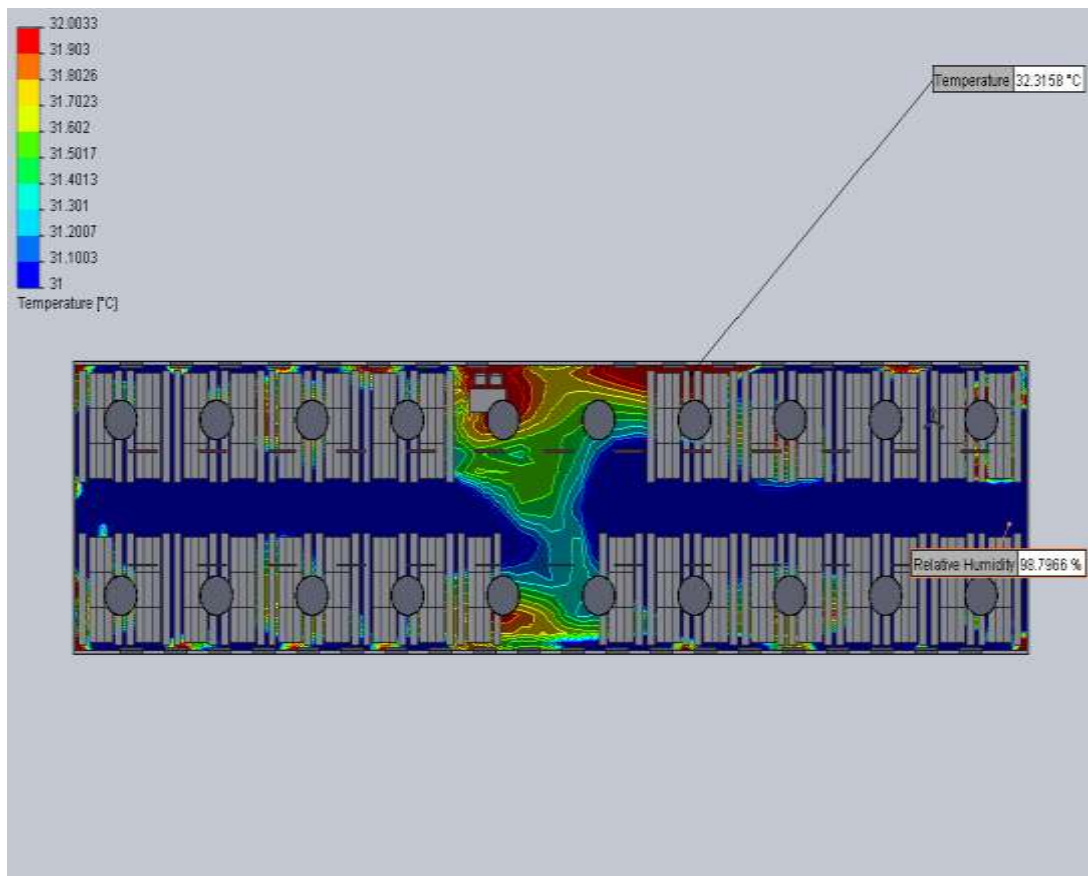
Dari hasil simulasi kondisi skenario alternatif I, maka didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruang kerja produksi adalah 31,8919°C sedangkan nilai suhu terendah sebesar 29,2124°C dan memiliki nilai rata-rata suhu sebesar 30,552°C. Nilai kelembaban relatif tertinggi sebesar 54,34%. Hasil *heat index* kondisi skenario alternatif I tertinggi adalah sebesar 35,2439 dan terendah 30,5304 sehingga didapat nilai *heat index* rata-rata kondisi skenario alternatif I adalah sebesar 32,7122. Berdasarkan tabel *heat index*, hasil nilai tersebut termasuk dalam kategori “hati-hati” dan “perhatian ekstrim”.

Dari hasil simulasi kondisi skenario alternatif II, maka didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruang kerja produksi adalah 31,8496°C sedangkan nilai suhu terendah sebesar 29,3816°C dan memiliki nilai rata-rata suhu sebesar 30,6156°C. Nilai kelembaban relatif tertinggi sebesar 56,76%. Hasil *heat index* kondisi skenario alternatif II tertinggi adalah sebesar 35,8046 dan terendah 31,1607 sehingga didapat nilai *heat index* rata-rata kondisi skenario alternatif II adalah sebesar 33,3278. Berdasarkan tabel *heat index*, hasil nilai tersebut termasuk dalam kategori “hati-hati” dan “perhatian ekstrim”.

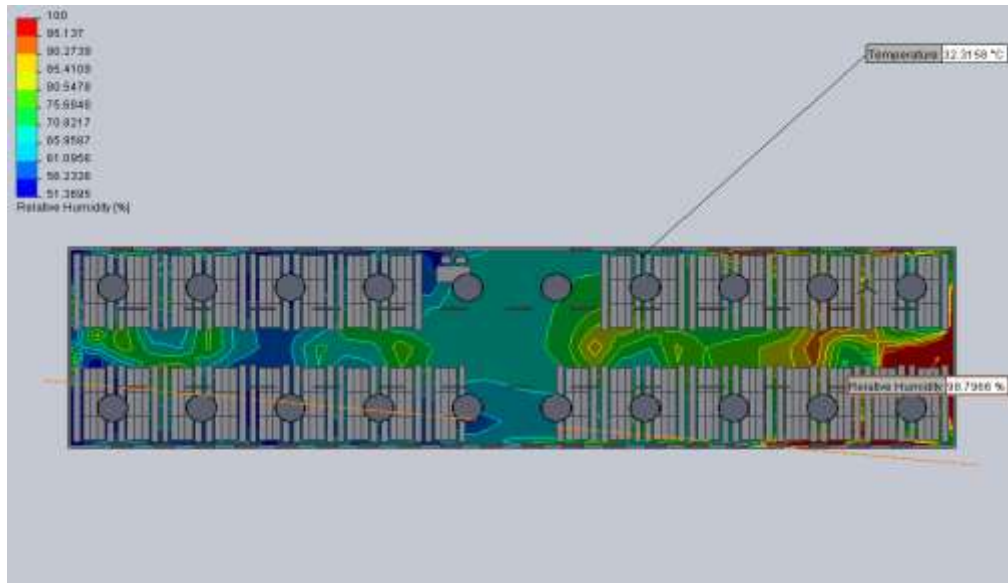
Dari hasil simulasi kondisi skenario alternatif III, maka didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruang kerja produksi adalah 31,9096°C sedangkan nilai suhu terendah sebesar 28,322°C dan memiliki nilai rata-rata suhu sebesar 30,115°C. Nilai kelembaban relatif tertinggi sebesar 57,12%. Hasil *heat index* kondisi skenario alternatif III tertinggi adalah sebesar 36,0332 dan terendah 29,5898 sehingga didapat nilai *heat index* rata-rata kondisi skenario alternatif III adalah sebesar 32,4803. Berdasarkan tabel *heat index*, hasil nilai tersebut termasuk dalam kategori “hati-hati” dan “perhatian ekstrim”. Dalam Tabel 2 dijelaskan perbandingan antara model *existing*, alternatif I, alternatif II dan alternatif III



Gambar 2. Model untuk Ruang Kerja Produksi Existing



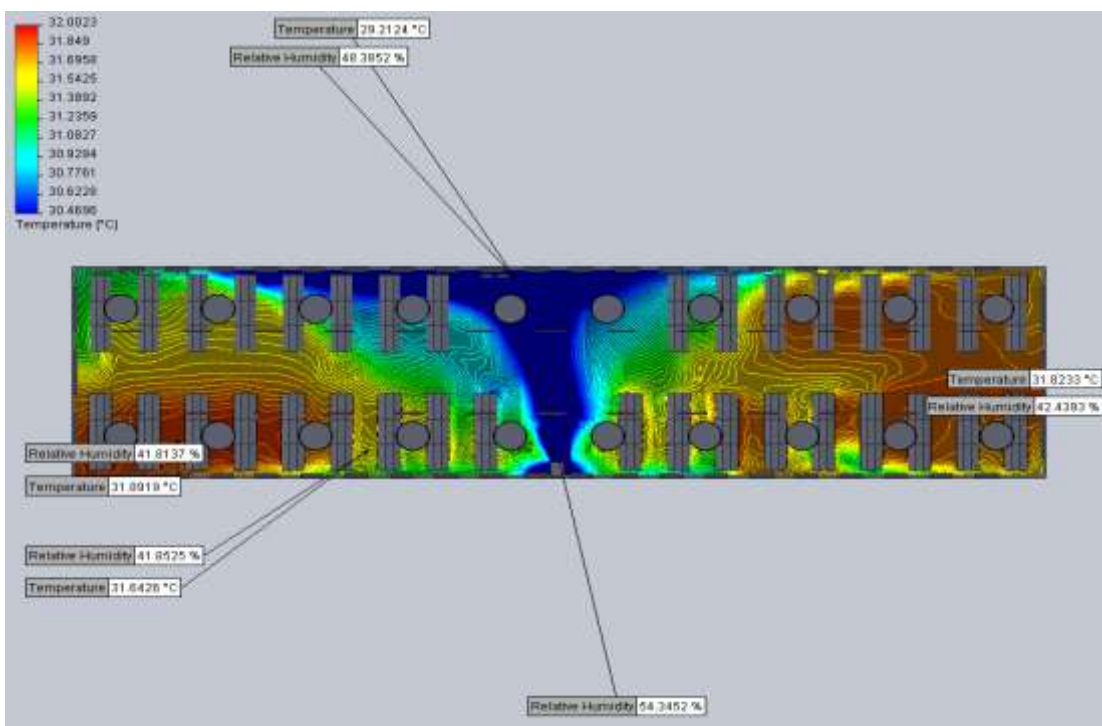
Gambar 3. Hasil Simulasi CFD Existing Berdasarkan Temperatur



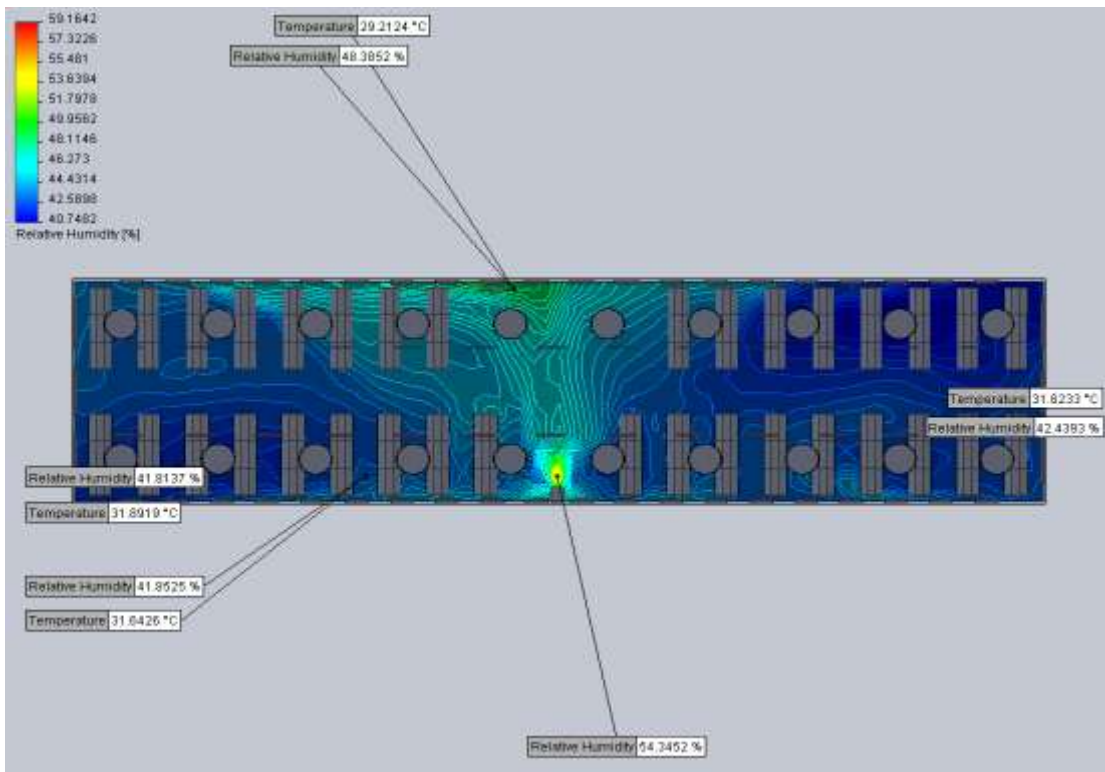
Gambar 4. Hasil Simulasi CFD Existing Berdasarkan Relative Humidity



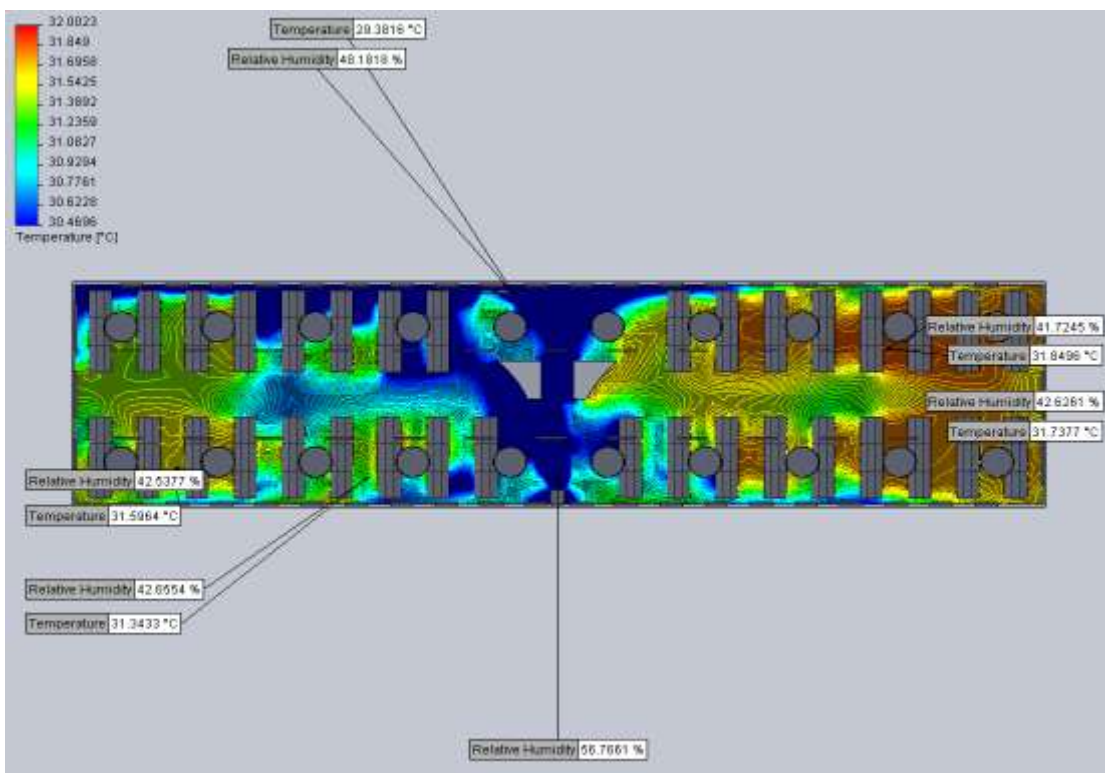
Gambar 5. 3D AC Standing Floor



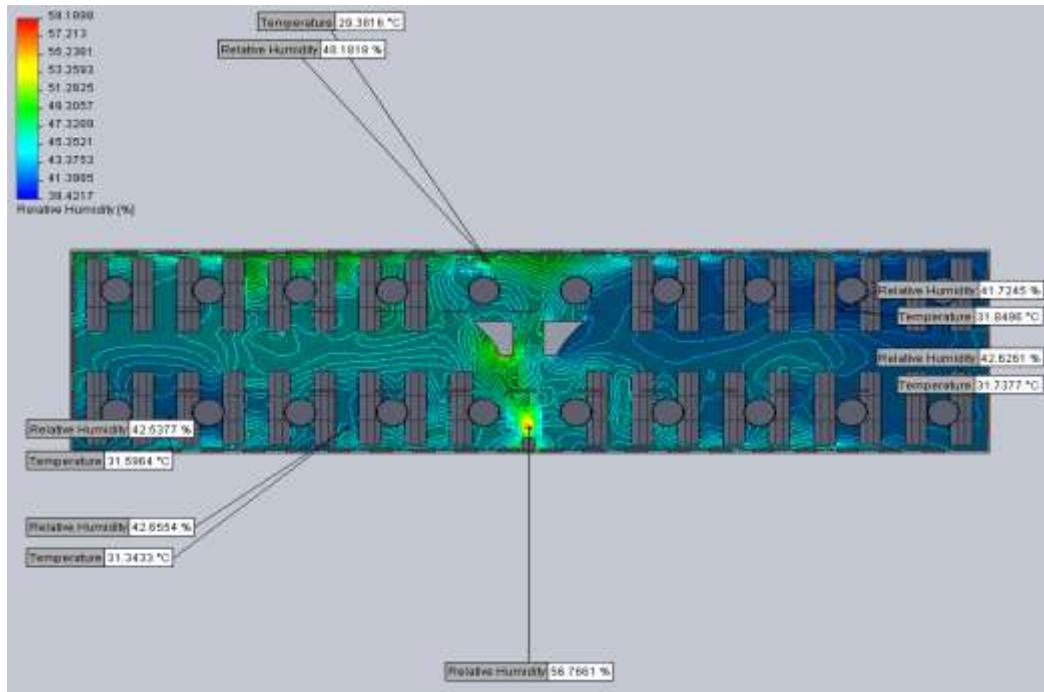
Gambar 6. Hasil Simulasi CFD Alternatif I Berdasarkan Temperatur



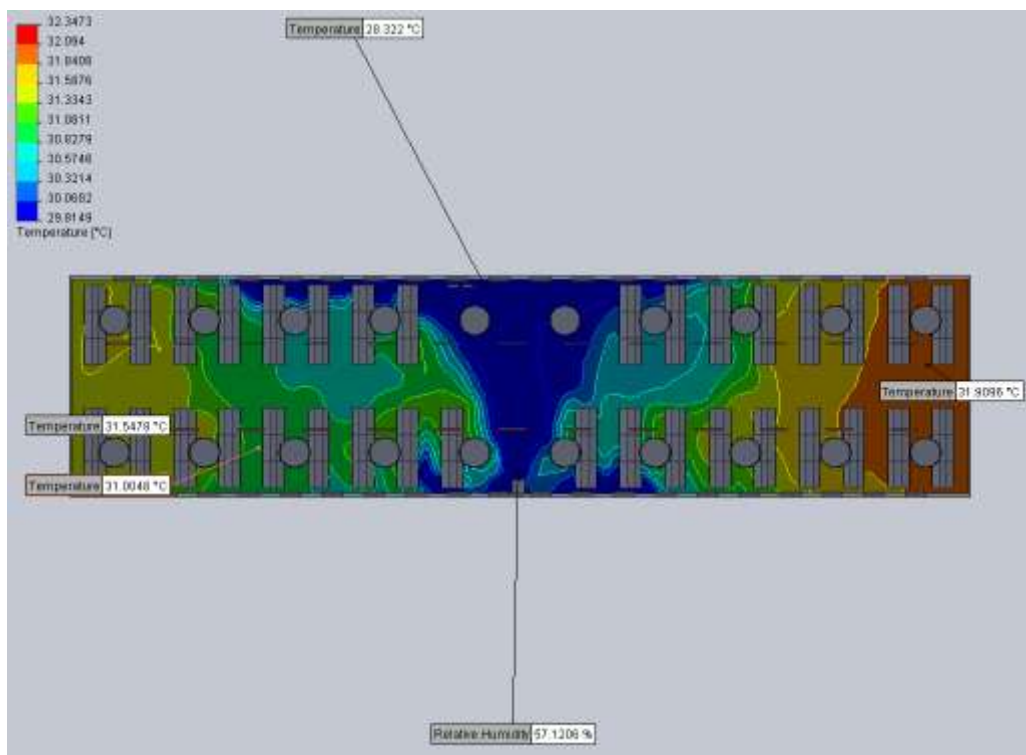
Gambar 7. Hasil Simulasi CFD Alternatif I Berdasarkan *Relative Humidity*



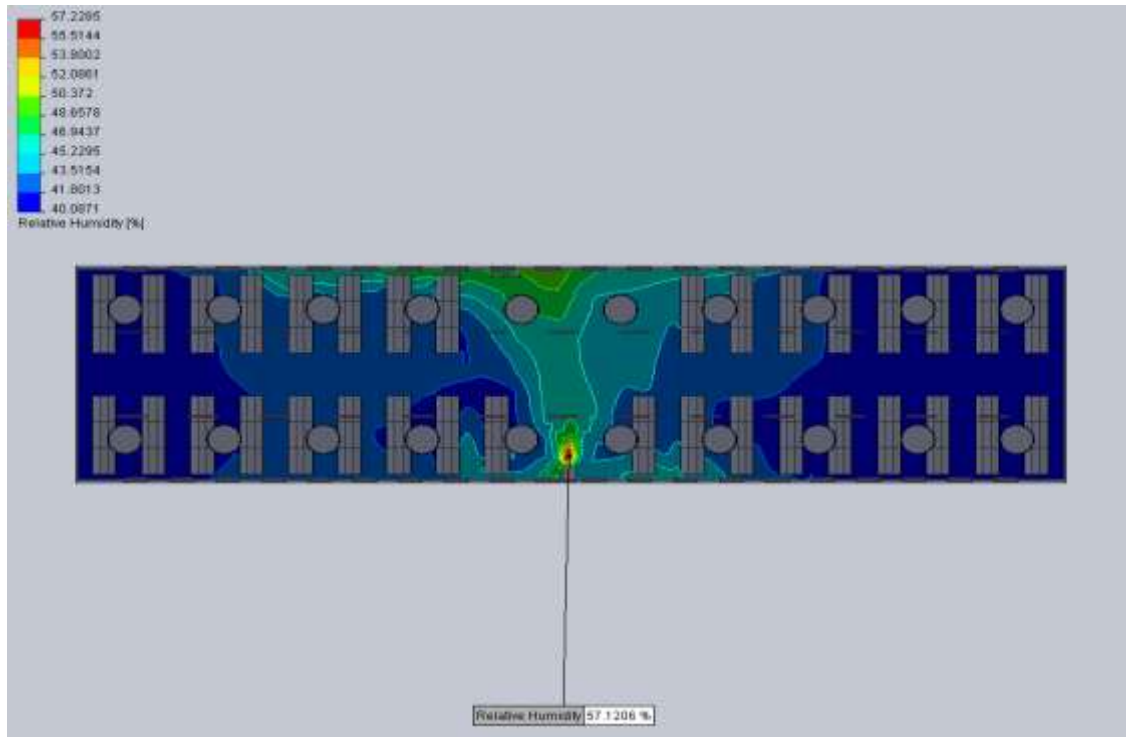
Gambar 8. Hasil Simulasi CFD Alternatif II Berdasarkan Temperatur



Gambar 9. Hasil Simulasi CFD Alternatif II Berdasarkan *Relative Humidity*



Gambar 10. Hasil Simulasi CFD Alternatif III Berdasarkan Temperatur



Gambar 11. Hasil Simulasi CFD Alternatif III Berdasarkan *Relative Humidity*

Tabel 2. Perbandingan antara model existing, alternatif I, alternatif II dan alternatif III

No.	Pembanding	Existing	Alternatif I	Alternatif II	Alternatif III
1.	Jumlah ventilasi	38	46	46	40
2.	Suhu tertinggi	32,3158°C	31,8919°C	31,8496°C	31,9096°C
3.	Suhu terendah	31,002°C	29,2124°C	29,3816°C	28,322°C
4.	Suhu rata-rata	31,6585°C	30,552°C	30,6156°C	30,115°C
5.	Kelembaban relatif	98,79%	54,34%	56,76%	57,12%
6.	Nilai Heat Index Tertinggi	55,1096	35,2439	35,8046	36,0332
7.	Nilai Heat Index Terendah	48,4219	30,5304	31,1607	29,5898
8.	Nilai Heat Index Rata-Rata	51,7394	32,7122	33,3278	32,4803
9.	Kategori Heat index	Bahaya dan Bahaya Ekstrim	Hati-Hati dan Perhatian Ekstrim	Hati-Hati dan Perhatian Ekstrim	Hati-Hati dan Perhatian Ekstrim

Dari hasil Tabel 2. dapat diketahui bahwa terjadi penurunan suhu tertinggi, suhu terendah dan suhu rata-rata antara *existing* dengan alternatif I, alternatif II dan alternatif III. Berdasarkan perbandingan suhu, kelembaban relatif dan nilai heat index maka didapatkan penurunan nilai terbesar pada alternatif III. Untuk itu alternatif III dipilih sebagai rekomendasi kepada perusahaan dalam upaya meningkatkan kenyamanan

pekerja. Dari hasil perhitungan nilai *heat index* pada alternatif III terjadi perubahan kategori risiko dari bahaya ekstrim menjadi kategori perhatian ekstrim dan hati-hati, dimana 2 nilai *heat index* masuk dalam kategori hati-hati dan 1 nilai *heat index* masuk dalam kategori perhatian ekstrim. Dengan alternatif III, risiko *heat stroke* dan kemungkinan ketidaksadaran dapat dihindari.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil penulis dari Analisa Heat Index (HI) Impact Pada Area Kerja Produksi Dengan Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) dengan studi kasus di PT. Cakra Guna Cipta Malang adalah sebagai berikut:

1. 3D CAD model ruang kerja produksi SKT terdiri dari ruang kerja produksi, meja pekerja, kursi pekerja, meja mandor dan kursi mandor yang akan digunakan dalam proses simulasi CFD. Berdasarkan simulasi CFD yang telah dilakukan pada ruang kerja produksi SKT PT. Cakra Guna Cipta Malang dengan menggunakan solidwork didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruangan produksi adalah 32,3158°C, nilai suhu terendah sebesar 31,002°C dan rata-rata suhu ruangan adalah 31,6585°C. Sedangkan nilai kelembaban relatif tertinggi sebesar 98,7966%. Dapat disimpulkan bahwa ruang kerja existing akan memberikan rasa yang kurang nyaman pada saat proses produksi berlangsung.
2. Berdasarkan perhitungan nilai heat index didapatkan nilai HI tertinggi sebesar 55,1612, nilai HI terendah sebesar 48,4219 dan nilai HI rata-rata 51,7394. Dilihat pada Heat index (HI) tabel kondisi tersebut digolongkan pada daerah “bahaya” dan “bahaya ekstrim”.
3. Dilakukan pembuatan skenario alternatif desain ruang kerja untuk menurunkan nilai Heat Index. Terdapat 3 skenario alternatif yang dilakukan:
 - a. Dari hasil simulasi CFD yang dilakukan pada alternatif skenario I didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruangan produksi adalah 31,8919°C nilai suhu terendah adalah 29,2124°C dan memiliki nilai rata-rata suhu sebesar 30,552°C. Dilihat pada Heat index (HI) tabel kondisi tersebut tersebut digolongkan pada daerah “hati-hati” dan “perhatian ekstrim”.
 - b. Dari hasil simulasi CFD yang dilakukan pada alternatif skenario II didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruangan produksi adalah 31,8496°C nilai suhu terendah adalah 29,3816°C dan memiliki nilai rata-rata suhu sebesar 30,6156°C. Dilihat pada *Heat index* (HI) tabel kondisi tersebut tersebut digolongkan

pada daerah “hati-hati” dan “perhatian ekstrim”.

- c. Dari hasil simulasi CFD yang dilakukan pada alternatif skenario III didapatkan nilai suhu tertinggi pada ruangan produksi adalah 31,9096°C nilai suhu terendah adalah 28,322°C dan memiliki nilai rata-rata suhu sebesar 30,155°C. Dilihat pada *Heat index* (HI) tabel kondisi tersebut tersebut digolongkan pada daerah “hati-hati” dan “perhatian ekstrim”.

Berdasarkan perbandingan suhu, kelembaban relatif dan nilai heat index maka didapatkan penurunan nilai terbesar pada alternatif III. Untuk itu alternatif III dipilih sebagai rekomendasi kepada perusahaan dalam upaya meningkatkan kenyamanan pekerja.

Daftar Pustaka

- NOAA. (2009). *Heat Index Chart*. [online].(<http://www.srh.noaa.gov/ffc/?n=hichart>, diakses tanggal 19 November 2014)
- Santoso. (1985). *Higiene Perusahaan Panas*, Solo : Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.
- Sugiono, Dewi Hardiningtyas, (2013). *Optimasi Air Conditioning (AC) di Ruang Kelas Standar Berdasarkan Heat Index Variance dengan Taguchi Method*. Jurnal, Dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Suma'mur, P. K. (1996). *Hygiene Perusahaan dan Keselamatan Kerja*, Cetakan Kedua. CV. Haji Mas Agung. Jakarta.
- Keputusan menteri tenaga kerja no KEP-51/MEN/1999, (1999). *Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Di Tempat Kerja*. Jakarta.
- Mardalis. (1999). *Metode Penelitian. Suatu Pendekatan Proposal*. PT Bumi Aksara. Jakarta.