

Kajian Ekologis Tingkat Kelembaban dan Suhu Udara Ruang Pabrik Tahu terhadap iklim kerja dari aspek kenyamanan udara

Wahyudi

(Magister Arsitektur Universitas Kristen Indonesia, wahyudiglobus@gmail.com)

Ramos Pasaribu

(Magister Arsitektur Universitas Kristen Indonesia, ramos.arsitekview@yahoo.com)

Abstrak

Keberadaan Usaha pabrik tahu sebagai Usaha home industry di kota sukabumi, dalam rangka untuk mensuply kebutuhan masyarakat sebagai sumber bahanmakanan. Dalam proses pengolahan yang dimulai dari bahan baku kedelai sampai menjadi produk tahu memerlukan proses pengolahan yang meliputi perebusan dan pembakaran dengan menggunakan tungku api. Hal ini menyebabkan peningkatan temperature ruangan dan perubahan kelembaban, Namun, Layout pabrik existing menyebabkan temperature ruangan mengalami kenaikan yang signifikan dari pada standard suhu dan kelembaban ruangan bagi kenyamanan fisik tubuh manusia. Disamping penggunaan tungku api hal ini juga disebabkan oleh aplikasi teknologi bangunan sederhana yang kurang memadai.

Dari pengamatan penulis, layout yang ada sekarang kurang efektif dalam mengatur perubahan suhu dan kelembaban ruangan. Dari data pengukuran yang dilakukan penulis terhadap suhu dan kelembaban didalam ruangan pabrik tahu berkisar antara 33 °C sampai dengan 53 °C dan kelembaban 79 % sampai dengan 92 %. Hal ini menimbulkan ketidaknyamanan dalam adaptasi terhadap standard suhu toleran bagi manusia, khususnya pekerja pabrik tahu yang bekerja dari pagi sampai malam hari.

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dan menggunakan data kuantitatif yang berupa pengukuran dengan menggunakan alat *termohygrometer*. Berdasarkan data suhu yang diperoleh dengan perbedaan terhadap kenyamanan suhu ruangan, penulis melakukan Analisa terhadap *layout* denah, tampak dan potongan sehingga diperlukan perubahan layout denah. Perubahan *layout* ini bermamfaat untuk menurunkan tingkat suhu ruangan dan kelembaban karena menurut penulis, layout existing menjadi salah satu penyebab kenaikan suhu yang ekstrim dalam ruangan pabrik tahu. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu penyesuaian layout baru dengan perubahan minor pada *layout* existing dengan memperhatikan prinsip-prinsip ekologi arsitektur pada bangunan dengan memperhatikan aspek desain, fungsi dan teknologi.

Kata-kata kunci: arsitektur, suhu, kelembaban, pabrik, ekologi.

Abstract

The existence of the tofu factory Business as a home industry business in the city of Sukabumi, in order to supply the needs of the community as a source of food. In the processing process, starting from soybean raw materials to become tofu products, it requires a processing process that includes boiling and burning using a fire stove. This causes an increase in room temperature and humidity changes. However, the existing factory layout causes the room temperature to increase significantly than the standard room temperature and humidity for the physical comfort of the human body. In addition to the use of fire stoves, this is also caused by the application of simple building technology that is not adequate.

From the author's observation, the current layout is less effective in regulating changes in room temperature and humidity. From the measurement data made by the author, the temperature and humidity in the room of the tofu factory ranged from 33 °C to 53 °C and humidity 79% to 92%. This causes discomfort in adapting to temperature tolerance standards for humans, especially tofu factory workers who work from morning to night.

The research method used is qualitative and uses quantitative data in the form of measurements using a thermohygrometer. Based on the temperature data obtained with differences in the comfort of the room temperature, the authors conducted an analysis of the floor plan layout, appearance and pieces so that a plan layout change was needed. This layout change is useful for reducing the level of room temperature and humidity because according to the author, the existing layout is one of the causes of the extreme temperature increase in the tofu factory room. The results of the research obtained are adjustments to the new layout with minor changes to the existing layout by taking into account the principles of architectural ecology in the building by paying attention to aspects of design, function and technology.

Keywords: *architecture, temperature, humidity, factory, ecology.*

Pendahuluan

Pabrik tahu sebagai salah satu produsen sembako penduduk memiliki fungsi yang penting untuk memproduksi bahan makanan bagi masyarakat. Pabrik tahu yang diteliti oleh penulis berada dalam Kawasan hijau dijalur sungai cipelang di Kelurahan lembur situ kota sukabumi, jawa barat. Pabrik ini memiliki luas tanah seluas 400 m² dan dikelilingi oleh zona persawahan penduduk. Dari Peta satelit dibawah ini dapat dilihat posisi pabrik tahu yang memiliki jarak dari 50 meter sampai 300 meter ke permukiman warga.

Proses produksi di pabrik tahu merupakan salah satu usaha kecil menengah yang berpotensi memiliki iklim kerja panas. Proses produksi yang membutuhkan api sebagai media masak dapat menimbulkan iklim kerja yang panas khususnya bagi pekerja. Berdasarkan survei awal yang telah dilakukan pada produsen tahu di Kawasan Kelurahan Lembur Situ Kota Sukabumi Jawa Barat. Pabrik ini beroperasi dari pagi hari jam 8.00 WIB sampai 22.00 WIB. Akibat potensi suhu panas menyebabkan tingkat kenyamanan udara tidak memenuhi standar kenyamanan udara bagi manusia khususnya bagi pekerja pabrik tahu.



Gambar 1. Lokasi bangunan Pabrik Tahu di Kawasan hijau di pinggir sungai

Penataan *layout* ruangan pabrik tahu berpengaruh terhadap peningkatan suhu ruangan. Tahapan produksi pabrik tahu yang sebagian besar menggunakan api menyebabkan sumber panas. Iklim kerja panas dapat mengganggu suhu normal tubuh. Sebagai upaya mempertahankan suhu tubuh, tubuh pekerja akan berupaya melepas panas melalui proses *termoregulasi*. Untuk mendukung proses pelepasan panas, tubuh akan menimbulkan respon fisiologis seperti peningkatan denyut nadi, peningkatan suhu inti tubuh, pengeluaran keringat berlebih, dan lain sebagainya. Jika respon fisiologis ini terus terjadi maka akan memicu terjadinya *heat-related illness* yang berbahaya bagi pekerja pabrik tahu. Berdasarkan permasalahan *heat-related illness* dan tingkat kelembaban udara di dalam ruangan pabrik akibat peningkatan suhu dan kelembaban ruangan, menjadi rumusan masalah penelitian ini.



Gambar 2. Kondisi Udara Ruangan Pabrik Tahu

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberikan pemahaman tentang desain, fungsi dan teknologi tentang pabrik tahu khususnya peningkatan kenyamanan termal. Kenyamanan termal dari aspek suhu dan kelembaban dapat meningkatkan Kesehatan dan produktivitas

pekerja pabrik tahu. Penelitian ini juga bermamfaat bagi pengusaha yang hendak menurunkan tingkat suhu dan kelembaban sehingga dapat meningkatkan produktivitas pekerja pabrik tahu.

Fokus dan Ruang Lingkup

Dari sekian banyak permasalahan lingkungan yang merupakan dampak dari proses produksi pabrik tahu, Penelitian ini membatasi masalah pada:

- 1) Tingkat peningkatan suhu dan kelembaban dalam ruangan pabrik tahu.
- 2) Permasalahan ini ditinjau dari aspek desain, fungsi dan teknologi yaitu kondisi *layout* ruangan *existing* yang merupakan salah satu penyebab terbesar kenaikan suhu dan kelembaban ruangan.

Tingkat suhu dan kelembaban ruangan diluar batas toleran menyebabkan resiko yang tinggi dan terjadi kecelakaan kerja bagi pekerja pabrik tahu. Penataan *layout* juga berpengaruh terhadap tingkat kelembaban ruangan, di mana lantai pabrik yang ada sekarang memiliki penyebaran air yang tinggi yang bersumber dari setiap proses produksi pabrik tahu. Pengaturan *layout* yang tidak teratur menyebabkan tingkat kelembaban yang tinggi didalam pabrik. Permasalahan yang lain saling berhubungan dengan system produksi, misalnya sumber bahan bakar yang menyebabkan emisi karbon (CO₂). Permasalahan dampak dari air limbah yang berpengaruh terhadap pencemaran ke lingkungan disekitarnya. Keberadaan pabrik tahu yang didesain dengan tidak berdasarkan standar dan aturan akan menyebabkan dampak yang besar terhadap lingkungan sekitar.

Kajian Pustaka

Menurut data SNI (Standard Nasional Indonesia) dimana batas maksimal Temperatur efektif 20,5°C sebagai Ambang Batas Dingin dan 31°C sebagai Ambang Batas Panas. Ambang batas kelembaban 50% terendah dan 60% tertinggi. Tingkat suhu dan kelembaban diluar batas ambang ini akan menurunkan tingkat produktifitas kerja dan tingkat Kesehatan bagi pekerja, seperti yang digambarkan dalam table dibawah ini.

Tabel 1. Ambang Batas Suhu Nyaman

	Temperetur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
• Sejuk Nyaman	20,5°C - 22,8°C	50 %
Ambang atas	24°C	80%
• Nyaman Optimal	22,8°C - 25,8°C	70%
Ambang atas	28°C	
• Hangat Nyaman	25,8C – 27,1°C	60%
Ambang atas	31°C	

Sumber: SNI 03-6572-2001, Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan Gedung, 2001.

Lingkungan termal mempengaruhi kenyamanan termal manusia sehingga dapat menciptakan iklim kerja yang kondusif. Menurut Koenigsberger, dkk, (1974) Permasalahan lingkungan termal dapat diselesaikan dengan cara:

- 1) Mencegah perolehan panas, yaitu dengan mengurangi tingkat pemanasan sumber dari panas.
- 2) Memaksimalkan pelepasan panas, yaitu dengan mengatur pengkondisian udara ruangan secara alami maupun secara buatan.
- 3) Membuang panas yang tidak dibutuhkan melalui pendinginan secara alami/buatan.

Pengkondisian udara secara alami untuk menciptakan lingkungan termal yang baik bagi tingkat kenyamanan manusia terbagi menjadi tiga poin utama yaitu pengendalian termal kawasan, pengendalian termal bangunan, dan sistem ventilasi. Pengendalian termal bangunan dengan penghawaan alami; menurut Frick (2006), Mediastika (2013), Boutet (1987), dan Karyono (2010) ditentukan oleh:

- 1) Orientasi dan bentuk bangunan
- 2) Proporsi bangunan
- 3) *Layout* ruang

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mediastika (2013), mengatakan bahwa sistem ventilasi yang baik adalah sistem ventilasi silang. Sistem ventilasi silang terjadi akibat perbedaan tekanan udara dalam ruangan oleh perletakan bukaan yang berbeda antara lubang masuk udara (*inlet*) dengan lubang keluar udara (*outlet*). Selain teknik ventilasi silang, teknik ventilasi alami pada bangunan dapat diterapkan dengan sistem *jack roof* atau atap berlubang maupun dengan sistem menara angin.

Metode

Metode penelitian yang digunakan yaitu pendekatan kualitatif dengan teknik penjelasan (*explanation*), yang didukung dengan data kuantitatif yang berupa pengukuran terhadap suhu dan kelembaban ruangan. Teknik pengambilan *sampel* yang digunakan yaitu dengan mengukur suhu panas di tiap-tiap area produksi. Teknik pengolahan dan analisis data dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran kondisi *existing* dengan data standar suhu dan kelembaban sebagaimana diatur dalam SNI 03-6572-2001, tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung.

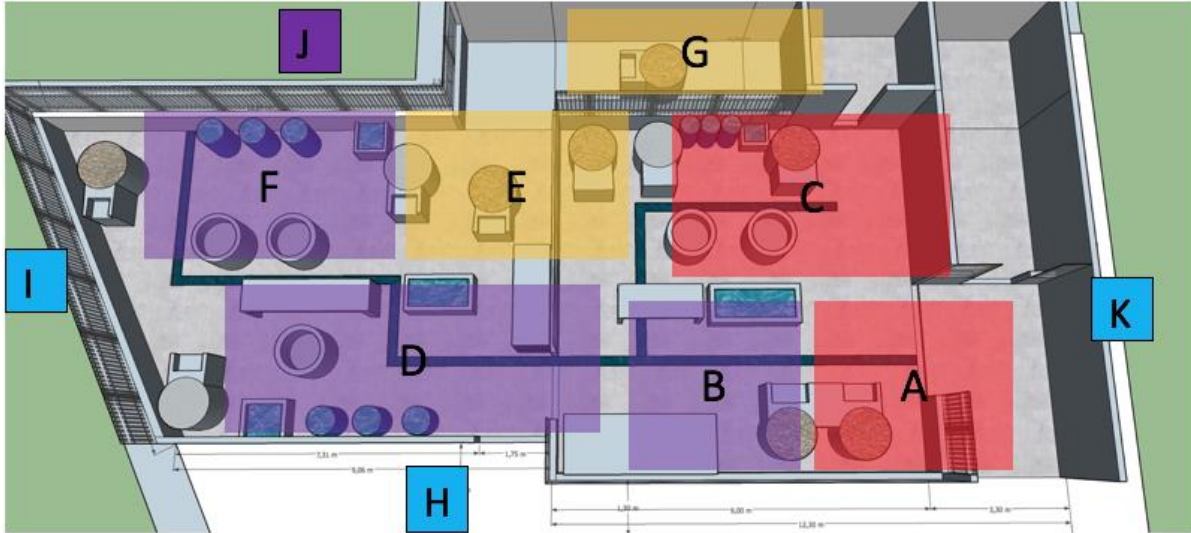
Hasil Analisa data suhu dan kelembaban dikembangkan dengan meninjau aspek fungsi, design dan teknologi berdasarkan kondisi bangunan *existing*. Teknik yang digunakan yaitu pengaturan kembali *layout* bangunan dalam pabrik untuk mencapai tingkat suhu dan kelembaban dengan standard kenyamanan termal tubuh manusia. Hasil Analisa penelitian yaitu *layout* baru bangunan yang memperhatikan pengaturan elemen-elemen produksi dan elemen-elemen bangunan dari aspek desain, fungsi dan teknologi sehingga tercapai standar *layout* dengan model bangunan kering dan ventilasi silang.

Hasil dan Diskusi

A. Pengamatan dari aspek desain, fungsi dan teknologi dan Pengukuran Suhu dan Kelembaban *layout existing*

Pengamatan yang dilakukan penulis difokuskan terhadap masalah suhu dan kelembaban ruangan pabrik tahu dimana fungsi dari area produksi pabrik tahu dijabarkan penulis seperti dalam tabel dan gambar dibawah ini:

Area produksi dibagi menjadi Area A,B,C,D,E,F dan G, yang merupakan area ruang dalam., dan mengambil *sampel* tingkat suhu udara dan kelembaban di area dinding luar selimut bangunan yaitu Area H,I, J dan K.



Gambar 3. *Layout* ruangan yang dibagi berdasarkan area pengukuran.

Tabel 2. Zonasi area pengukuran suhu dan kelembaban pabrik tahu, sumber : penulis,2021

Area Pengukuran	Fungsi	Teknologi	Keterangan
Area A	penggorengan	Tungku api, tdk ada cerobong	Ruang dalam
Area B	Perendaman, pengeringan	Bak air, mesin giling	Ruang dalam
Area C	Perebusan, penyaringan, penggorengan	Tungku Api, dua cerobong, bak penyaringan	Ruang dalam
Area D	Perebusan	Tungku api, tidak ada cerobong	Ruang dalam
Area E	Perebusan, penggorengan	Tungku api, satu cerobong	Ruang dalam
Area F	Penggorengan, penyaringan	Tungku api, satu cerobong	Ruang dalam
Area G	Penggorengan	Tungku api, satu cerobong	Ruang dalam
Area H	Pengemasan, pengiriman	Area kering dengan lantai cor	Halaman Luar
Area I	Parkir Motor	Area kering dengan lantai cor	Halaman Luar
Area J	Saluran Air	Parit saluran air ke kolam	Halaman Luar
Area K	Gudang bahan, pengiriman	Area kering dengan lantai cor	Ruang dalam

Berdasarkan pengukuran suhu di masing-masing area tersebut didapatkan hasil pengukuran yang digambarkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban pabrik tahu, sumber : penulis,2021

Area	Suhu (°C)	Rata2	Kelembaban(%)	Rata2	Keterangan
Area A	43,3		84		Ruang Dalam
	60,5	53,1	82	88,3	
	55,4		99		
Area B	40,5		85		Ruang Dalam
	30,6	34,1	81	82	
	31,1		80		
Area C	58,7		94		Ruang Dalam
	55,2	50,8	94	91,7	
	38,5		87		
Area D	34,5		71		Ruang Dalam
	35,6	33,8	70	71	
	31,2		72		
Area E	33,7		99		Ruang Dalam
	45,2	36,8	77	84	
	31,5		76		
Area F	32,8		95		Ruang Dalam
	35,1	34,1	74	89	
	34,3		99		
Area G	38,2		93		Ruang Dalam
	43,6	39,1	88	90	
	35,4		90		
Area H	31,5		72		Ruang luar
	29,3	30,1	69	72	
	31,2		74		
Area I	32,3		78		Ruang luar
	30,2	30,1	80	78	
	29,7		76		
Area J	34,1		82		Ruang luar
	32,7	33,4	76	79	
	33,5		79		

Area K	29,4	73	Ruang Dalam
	28,6	28,5	68
	27,5	70	

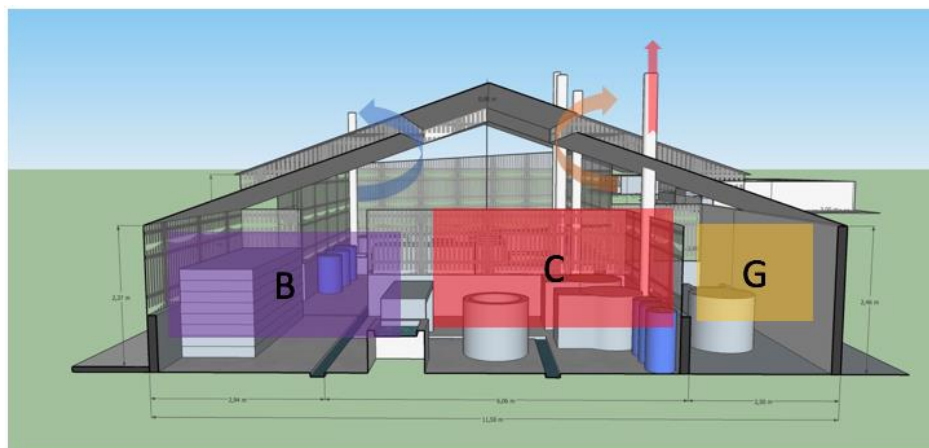
Dari pengukuran di atas diperoleh kesimpulan data sebagai berikut:

- 1) Area terpanas yaitu Area A dan area C, di mana area A dengan suhu 53,1°C dengan kelembaban 88,3 %. Area Kedua Terpanas yaitu area C dengan suhu 50,8°C dengan kelembaban 91,7%. Tingkat suhu yang tinggi di atas ambang batas standard yaitu 31°C sebagai ambang batas panas dengan kelembaban tertinggi 60% (SNI,2001). Meski dilengkapi dengan cerobong, area C berada dalam kondisi tertutup dengan adanya dinding pemisah dengan area G yang berfungsi sebagai tempat penggorengan.

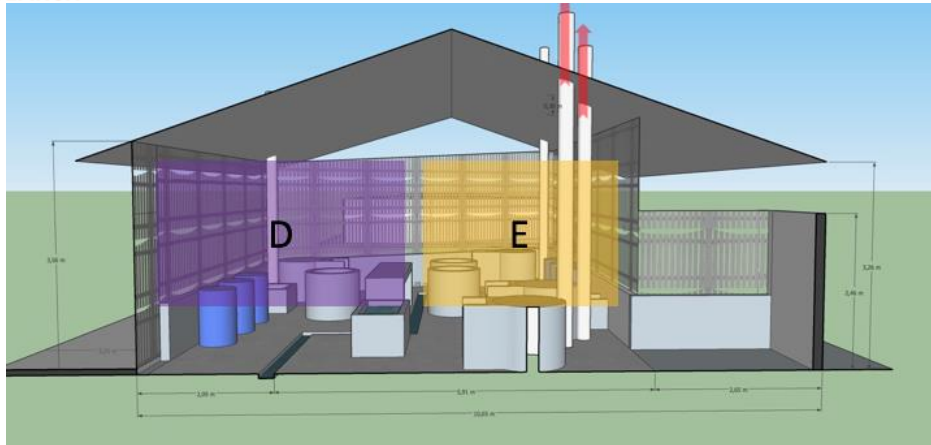


Gambar 4. Potongan A *layout existing* pabrik tahu.

- 2) Area Kedua terpanas yaitu area E dan area G di mana area E dengan suhu udara 36,8°C dan kelembaban 84%; dan area G dengan suhu udara 39,1°C dengan kelembaban 90%, dengan fungsi sebagai tempat penggorengan. Kedua area ini masih berada di atas ambang batas suhu 31°C dan kelembaban 60%.



Gambar 5. Potongan B *layout existing* pabrik tahu.



Gambar 6. Potongan C layout existing pabrik tahu.

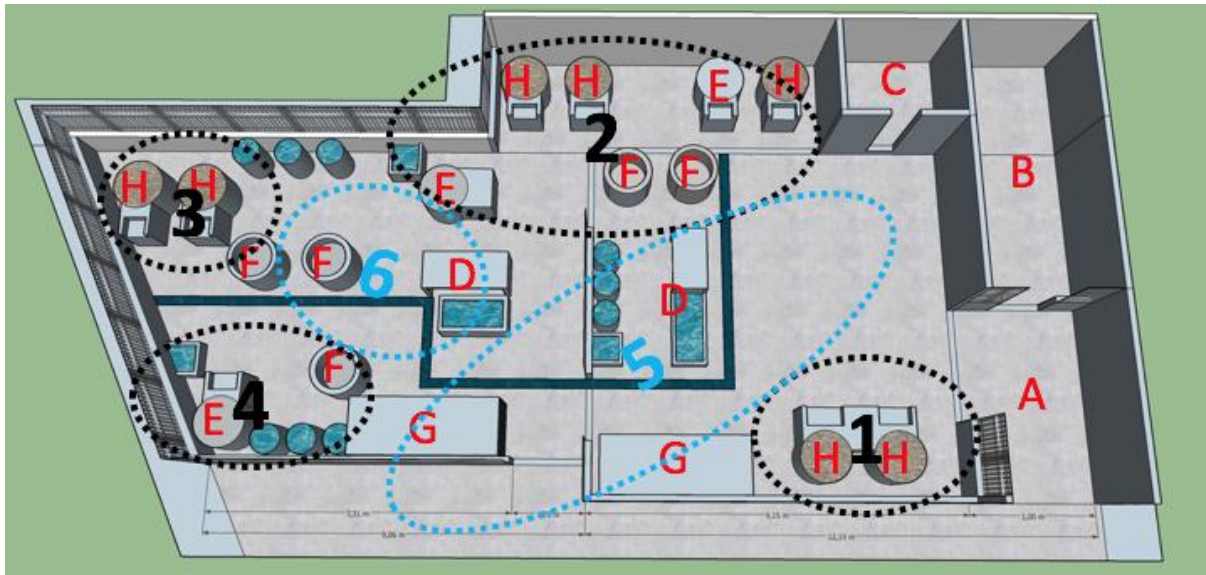
- 3) Area ketiga terpanas yaitu area B, area D, area F dan area J, di mana area B dengan suhu 34,1°C dengan kelembaban 82%. Area D dengan suhu 33,8°C dengan kelembaban 71%. Area F dengan suhu 34,1°C dengan kelembaban 89% di mana area ini terdapat penggorengan dengan cerobong asap dan pengayakan. Area J merupakan area luar dinding belakang bangunan dengan suhu 33,4°C dengan kelembaban 79%. Hal ini disebabkan karena hawa panas yang bertiup ke arah area J.



Gambar 7. potongan D layout existing pabrik tahu.

- 4) Area luar dekat dinding bangunan yaitu area H, area I dan area K, dimana area H dengan suhu 30,1°C dengan kelembaban 72%. Area I dengan suhu 30,1°C dengan kelembaban 78% dan area K dengan suhu 28,5°C dengan kelembaban 70%. Suhu dan kelembaban di area luar sesuai dengan standar ambang batas standard yaitu 31°C sebagai ambang batas panas dan kelembaban 60%.

B. Usulan dari aspek *design* dan fungsi dengan pengklusteran sumber panas

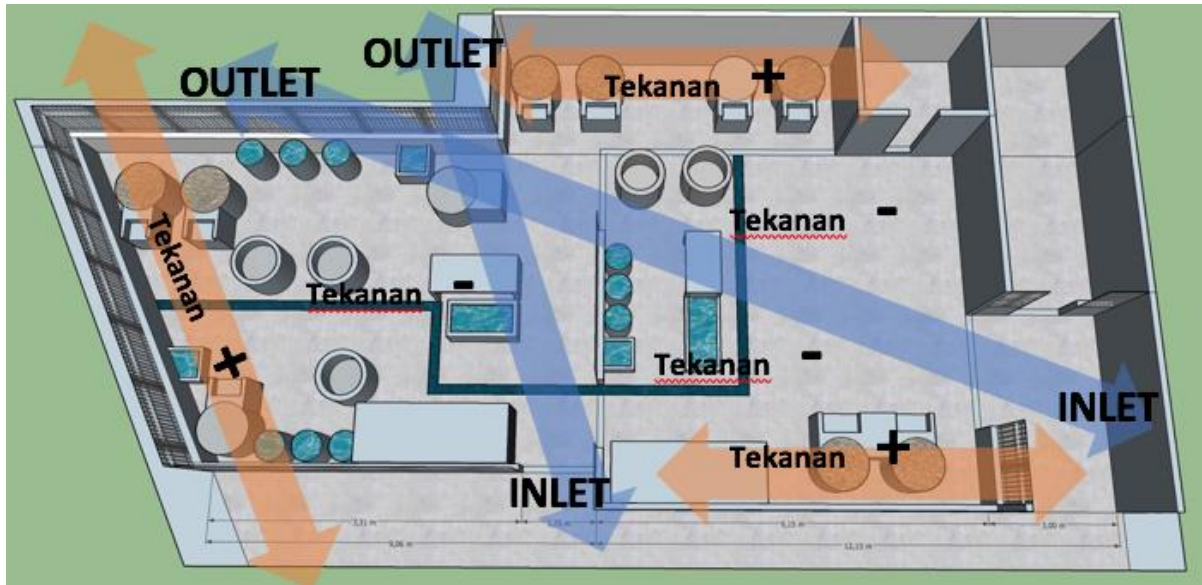


Gambar 8. Denah usulan dan klusterisasi elemen produksi

Dari denah *layout existing*, sumber panas yang berasal dari tungku api perebusan dan penggorengan tersebar dalam area produksi. Untuk meminimalisir panas dan menurunkan tingkat kelembaban ruangan dapat dilakukan pengklusteran sumber panas ke area pinggir ruangan. Area panas dikelompokkan ke dalam empat kluster yaitu pemindahan beberapa tungku menjadi kelompok kluster 1,2,3 dan 4. Dengan adanya pengelompokan ini didapatkan area dingin mendai kelompok kluster 5 dan 6 seperti yang digambarkan dalam denah usulan di bawah ini.

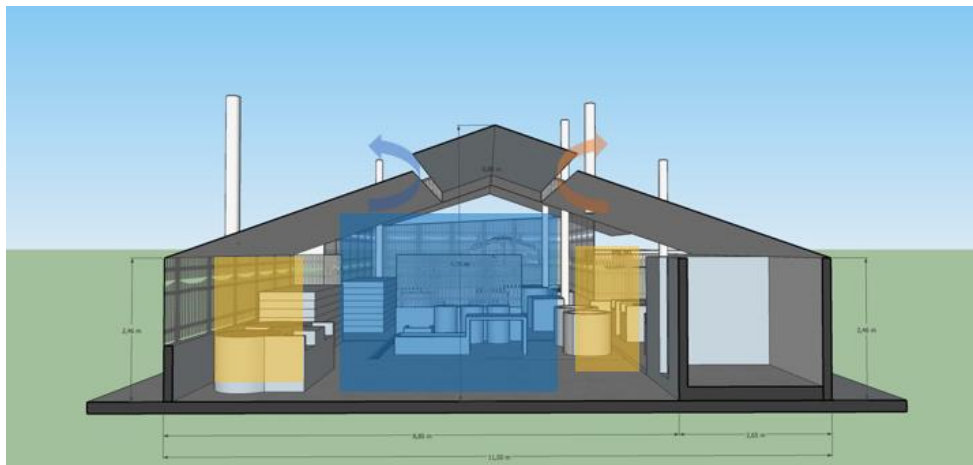
C. Usulan dari aspek teknologi dengan ventilasi silang

Pengkondisian udara dengan aliran udara *inlet* yang berasal dari pintu masuk dan dinding muka bangunan dan aliran udara *outlet* mengalir melalui dinding belakang bangunan searah dengan arah angin seperti diilustrasikan pada gambar di bawah ini. Aliran udara dingin didalam bangunan didorong oleh aliran udara panas di pinggir dinding bangunan sehingga mempercepat aliran sirkulasi udara keluar bangunan melalui kisi-kisi dinding dan melalui sistem ventilasi di atap.



Gambar 9. Denah usulan ventilasi silang dan aliran panas di pinggir.

Dari hasil penataan *layout* yang baru didapatkan area dingin (warna biru) di tengah-tengah ruangan pabrik dan pengklusteran area panas (warna kuning) di samping ruang pabrik tahu. Seperti yang digambarkan dalam gambar potongan di bawah ini.



Gambar 10. Potongan Usulan A.



Gambar 11. Potongan Usulan D.



Gambar 12. Potongan Usulan G.

Kesimpulan

- 1) Dari aspek desain, perletakan elemen produksi pabrik tahu yang tidak teratur yang merupakan sumber panas tinggi seperti tungku perebusan dan penggorengan menyebabkan kenaikan suhu ruangan 33°C sampai dengan 53°C dengan tingkat kelembaban 79% sampai dengan 92%. Hal ini di luar ambang batas standar dengan suhu 20°C sampai dengan 31°C dan kelembaban 50% sampai dengan 60%, sehingga menyebabkan penurunan produktivitas dan Kesehatan pekerja pabrik tahu.
- 2) Dari aspek fungsi, perubahan layout interior bangunan dengan metode klusterisasi elemen penghasil panas yaitu tungku api dapat menurunkan tingkat panas dalam ruangan. Pengklusteran berdasarkan kegiatan dan elemen produksi dapat menciptakan ruang kering yang berfungsi sebagai pengkondisian aliran udara alami dan mencegah perangkap panas dalam ruangan.
- 3) Dari aspek teknologi, kondisi tingkat suhu dan kelembaban yang tinggi dapat diturunkan dengan aplikasi teknologi pengudaraan alami ventilasi silang (*cross ventilation*)

Daftar Pustaka

- Antou, R.S., (2019). “Mutu Ekologis Material Penutup Atap”, *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa, dan Teknologi*, vol.1, no. 2, pp. 71-77.
- Dicky, Z. (2020). *Pengaruh Iklim Kerja Panas Terhadap Gejala HeatStrain Pada Pekerja Produsen Tahu di Kawasan Kamboja Kota Palembang (Skripsi S1)*. Universitas Sriwijaya
- Handayani, T.W. (2021). *Analisis Pola kampung sentra tahu Cibuntu, Bandung*. Arsitektur FTPA, Universitas Winaya Mukti.
- Dewi, A dan Sugito (2013). “Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Tinja Sapi”, *Jurnal Teknik WAKTU Volume 11 Nomor 02 juli 2013*
- Amalia, M.I, Fatoni, R. (2020). *Analisis Penilaian Resiko Keselamatan Steam Boiler Pabrik Tahu*. Program studi Teknik kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, University Research Colloquium.
- Pratiwi, I. Muslimah, E. (2015). *Perancangan Peralatan dan Pengembangan Metode Kerja Pada Industri Tahu Ditinjau dari Aspek Ergonomi Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Setiawan, A. Rahayu, D. (2020). *Penerapan Produksi Bersih Industri Kecil Tahu di Jalan Parit Pangeran Siantan Pontianak*. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Rilatupa, J. (2008). “Aspek Kenyamanan Termal Pada Pengkondisian Ruang Dalam”, *Jurnal Sains dan teknologi EMAS Vol.16 no.3, Agustus 2008*.
- Mahardika, K. Sujudwijono, A. (2013). “Sistem Ventilasi Alami pada Perancangan Pasar Ikan di Kota Pasuruan”, *Jurnal Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2013*

Sumber Referensi lainnya

- SNI 03-6572. (2001). *Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*. Badan standarisasi Nasional Indonesia, 2001