
IDENTIFIKASI KERAGAMAN GEN THYROGLOBULIN (TG) SEBAGAI KANDIDAT GEN KUALITAS DAGING PADA SAPI PASUNDAN BETINA

IDENTIFICATION OF THYROGLOBULIN (TG) GENE DIVERSITY AS A CANDIDATE MEAT QUALITY GENE IN HEIFERS PASUNDAN CATTLE

Received : May 22th 2025

Accepted : Nov 16th 2025

Alfina Raihan¹

Nena Hilmia²

Wendry Setiyadi Putranto³

Rahmat Hidayat⁴

Didik Nurul Hadi⁵

¹Program Studi Ilmu Peternakan,
Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

²Departemen Produksi Ternak,
Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

³Departemen Teknologi Hasil
Ternak, Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

⁴Departemen Nutrisi Ternak,
Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

⁵Balai Perbibitan dan
Pengembangan Inseminasi Buatan
Ternak Sapi Potong Ciamis

*Korespondensi:

Alfina Raihan

Program Studi Ilmu Peternakan,
Fakultas Peternakan,
Universitas Padjadjaran

Jalan Ir. Soekarno km.21
Jatinangor, Kabupaten Sumedang
45363 Jawa Barat, Indonesia

e-mail:

alfina21001@mail.unpad.ac.id

Abstract. *Pasundan cattle are a potential source of good quality meat in West Java. The quality of meat is determined by fatty acid composition, which affects flavor, tenderness, juiciness and nutritional value. Fatty acid composition is influenced by genetic and environmental factors, one of which is the thyroglobulin gene. This study aims to identify thyroglobulin gene diversity as a candidate meat quality gene in Pasundan Heifer Cattle. The research method used was descriptive explorative. DNA samples came from 20 heifer Pasundan cattle kept in Ciparanje Beef Cattle Stables, Faculty of Animal Husbandry, UNPAD. The methods used were PCR (Polymerase Chain Reaction) and sequencing. Target DNA was amplified through PCR technique with specific primers designed using Primer Blast NCBI program along 674 bp. PCR results were sequenced to see the nucleotide sequence. Mutation analysis was performed by aligning sequencing results with thyroglobulin gene data at NCBI using Bioedit and Mega 11 programs. The results showed there were 10 mutations with three mutations found to be new mutations namely g.66G>A, g.81T>C, and g.416G>A and seven other mutations namely g.240G>T, g.257C>T, g.274C>A, g.335A>G, g.387G>A, g.537C>T, and g.552T>C. This study shows that the thyroglobulin gene in Pasundan heifer cattle is polymorphic.*

Keywords : *Ice cream, Natural pigment, Organoleptic, pH, Red dragon fruit peel*

Sitasi :

Raihan, A., Hilmia, N., Putranto, W. S., Hidayat, R. & Hadi, D. N. (2026). Identifikasi Keragaman Gen Thyroglobulin (Tg) Sebagai Kandidat Gen Kualitas Daging Pada Sapi Pasundan Betina. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 7(1): 1-11

PENDAHULUAN

Sapi lokal memiliki peran penting sebagai sumber ternak penghasil daging merah yang sangat potensial di Indonesia. Salah satu sapi lokal yang berasal dari Jawa Barat adalah Sapi Pasundan yang telah diakui sebagai sumber daya genetik ternak melalui Keputusan Menteri Pertanian RI Nomor: 1051/Kpts/SR.120//10/2014. Sebagai salah satu plasma nutfah nasional. Sapi Pasundan cukup potensial sebagai sumber penyedia daging untuk kebutuhan konsumsi, didukung oleh beberapa penelitian yang mengungkapkan tingginya persentase karkas dan mutu daging yang dihasilkan.

Daging sapi merupakan salah satu sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi di Indonesia. Sifat perlemakan terdiri dari konten lemak dan komposisi asam lemak yang memiliki peran penting bagi kualitas daging. Menurut Hilmia, dkk. (2022a), komposisi asam lemak pada daging mempengaruhi kualitas daging yang berkaitan dengan tekstur, citarasa, dan nutrisi daging. Komposisi asam lemak pada daging terdiri dari asam lemak jenuh (*saturated fatty acid*/SFA) dan asam lemak tidak jenuh (*unsaturated fatty acid*/UFA). Asam lemak jenuh memiliki struktur kimia dengan ikatan tunggal, sedangkan asam lemak tidak jenuh memiliki ikatan rangkap dalam struktur kimianya, yang terdiri dari asam lemak tak jenuh tunggal (monounsaturated fatty acid/MUFA) dan asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acid*/PUFA) (Hilmia, dkk. 2022b). Kandungan asam lemak tidak jenuh, baik MUFA maupun PUFA, memiliki manfaat kesehatan yang signifikan dan memberikan nilai tambah pada produk pangan. Asam lemak tak jenuh memberikan

efek positif bagi tubuh seperti meningkatkan kesehatan jantung, menurunkan kadar kolesterol LDL, serta mendukung pengelolaan berat badan yang sehat (Gunawan, dkk. 2018). Sebaliknya, asam lemak jenuh dapat meningkatkan kolesterol plasma, yang dapat berkontribusi terhadap peningkatan risiko penyakit kardiovaskular (Alvarenga, dkk. 2015).

Thyroglobulin (TG) merupakan prekursor hormon tiroid yang berperan dalam mengatur metabolisme dan homeostasis penyimpanan lemak. Hormon tiroid yang terdiri dari *triiodothyronine* (T3) dan *tiroksin* (T4) berperan dalam metabolisme lemak yaitu meningkatkan metabolisme basal yang pada akhirnya meningkatkan pengeluaran energi dan mempercepat oksidasi asam lemak (Tan & Jiang, 2024). Hormon tiroid juga berpengaruh terhadap diferensiasi adiposit menjadi jaringan adiposa (Dolmatova, dkk. 2020). Menurut Mears, dkk. (2001), hormon tiroid dapat berperan dalam peningkatan deposisi *intramuscular fat* (IMF) pada sapi, yang merupakan faktor penting dalam pembentukan marbling atau pola lemak intramuskular pada daging.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mutasi pada gen *thyroglobulin* akan mempengaruhi peran *thyroglobulin* dalam sintesa lemak. Mutasi gen merupakan perubahan permanen dalam urutan DNA yang dapat berdampak pada struktur, fungsi, atau regulasi gen. Mutasi dapat terjadi pada promotor, elemen regulator/operator site dan 5'UTR/3'UTR. Mutasi 5'UTR/3'UTR dapat mengubah kemampuan mRNA untuk diterjemahkan dan dapat mengubah stabilitasnya (Gunawan, dkk. 2017). Variasi genetik yang berbeda yang terjadi pada posisi 5' UTR

(*untranslated region*) saat ini banyak digunakan dalam program pemuliaan berbasis marka genetik (MAS/*Marker Assisted Selection*) untuk meningkatkan prediksi *marbling score* dan kualitas daging sapi (Zalewska, dkk. 2021). Pada beberapa penelitian, SNP pada gen *thyroglobulin* dapat mempengaruhi ekspresi dan fungsi protein serta berkontribusi pada sifat-sifat yang berkaitan dengan kualitas daging pada ternak. SNP g.422C>T terjadi di posisi 5'UTR menghasilkan dua varian alel yang berbeda dan menghasilkan kandidat SNP yang ada pada gen *thyroglobulin* diantaranya C422T, G133C, T354C, G392A, A430G dan T433G (Zalewska, dkk. 2021). Berdasarkan penelitian Carvalho, dkk. (2012), SNP C422T berpengaruh terhadap *marbling* dan pengendapan lemak pada daging sapi, ketebalan lemak, lipid total, dan area *ribeye*. Informasi mengenai mutasi gen *thyroglobulin* pada sapi Pasundan betina saat ini masih sangat terbatas, oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat mutasi dan bagaimana bentuk serta keragaman mutasi pada 5'UTR gen *thyroglobulin* pada sapi Pasundan betina.

MATERI DAN METODE

DNA yang digunakan adalah DNA dari Sapi Pasundan sebanyak 20 unit yang telah diekstrak dari darah 20 ekor sapi Pasundan betina yang dipelihara di Kandang Sapi Potong Ciparanje Fakultas Peternakan Unpad. Pengambilan sampel darah telah dilakukan pada *Vena Jugularis* (pembuluh darah yang terletak pada bagian ventrolateral/leher) dan *Vena Coccigea* (pembuluh darah yang terletak pada bagian ventral tulang ekor). Penelitian ini menggunakan metode deskriptif eks-

ploratif untuk mengidentifikasi mutasi SNP dan keragaman pada sekuen nukleotida gen *thyroglobulin* pada sapi Pasundan betina.

1. Amplifikasi Gen Thyroglobulin

DNA Sapi Pasundan Betina diamplifikasi menggunakan sepasang primer primer yang didesain dengan menggunakan Primer Blast pada NCBI dengan no akses X05380.1 yaitu primer Forward 5'-CCTGCTGCCTTTTGGTTGTC-3' dan Reverse 5'-CCCACCCTGTTTCTCTGCT-3' dengan Panjang 674 bp, berada pada 5'UTR. Amplifikasi gen *thyroglobulin* dilakukan menggunakan *Green Master Mix* dari Promega® dengan mesin PCR *LongGene® A600*. Komponen yang digunakan meliputi sampel DNA sebanyak 2 µL, *nucleus free water* 9,5 µL, primer *forward* (F) dan *reverse* (R) masing – masing 0,5 µL dan *Green Master Mix* 12,5 µL. Amplifikasi DNA melalui PCR dimulai dengan proses predenaturasi pada suhu 94°C selama 2 menit, dilanjutkan denaturasi pada suhu 94°C selama 30 detik *annealing* pada suhu 59°C selama 1 menit, ekstensi pada suhu 72°C selama 1 menit, kemudian ekstensi akhir pada suhu 72°C selama 5 menit. Amplifikasi DNA dilakukan sebanyak 35 kali. Hasil Amplifikasi dievaluasi menggunakan elektroforesis agarose 1,5% mengandung 0,8 µl Ds Red dan dilihat visualisasinya menggunakan G-Box.

2. Sequencing

Produk PCR berupa perbanyakan target gen TG sepanjang 674 bp, selanjutnya disekuensing (*direct sequencing*) yang dilakukan oleh Genetika Science. Mutasi yang terjadi pada gen TG dianalisis dari hasil sequencing produk PCR, berupa kromatogram. Hasil sequencing di aligment meng-

gunakan program Bioedit dan MEGA 11 dan dianalisis posisi SNP nya dan dilakukan genotyping berdasarkan mutasi yang terdeteksi.

3. Analisis Data

Nilai frekuensi alel dan genotipe diperoleh dengan menggunakan rumus Nei (1987).

$$\chi_i = \frac{2\eta_{ij} + \sum \eta_{ij}}{2N}$$

$$\chi_{ii} = \frac{n_{ij}}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

χ_i = frekuensi alel ke-i

χ_{ii} = frekuensi genotipe

η_{ij} = jumlah individu homozigot alel ke-i

n_{ij} = jumlah individu heterozigot

N = jumlah individu sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tipe Mutasi Gen Thyroglobulin Pada Sapi Pasundan Betina

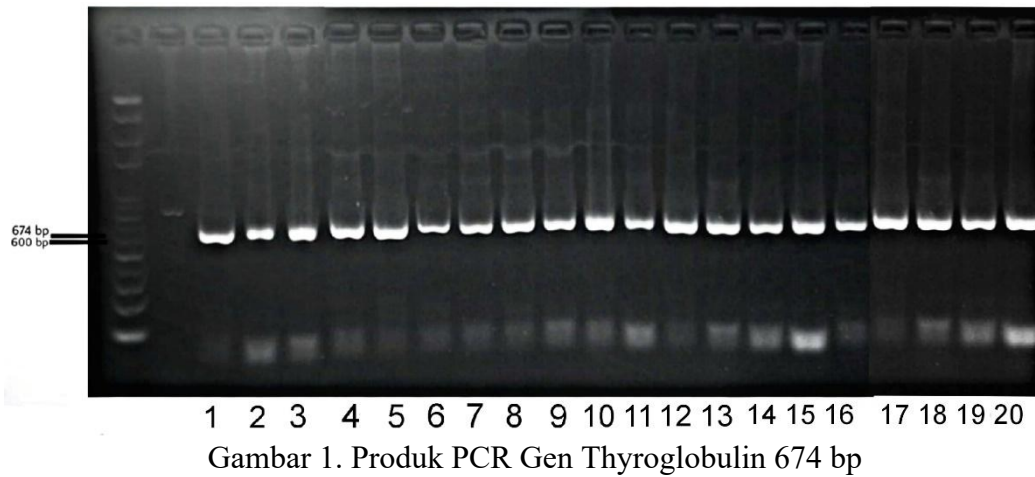
Konfirmasi hasil amplifikasi gen *thyroglobulin* pada Sapi Pasundan pada penelitian ini dilakukan dengan visualisasi elektroforesis dari hasil PCR (*Polymerase Chain Reaction*) yang ditampilkan pada Gambar 1. DNA target berhasil diamplifikasi menggunakan primer yang sudah didesain untuk mengetahui kandidat SNP C422T, G133C, T354C, G392A, A430G dan T433G serta mutasi lainnya pada gen *thyroglobulin*.

Berdasarkan data Genbank (kode akses NCBI: X05380.1), *thyroglobulin* pada *Bos taurus* memiliki panjang 1068 bp dengan 5'UTR sepanjang 938 bp

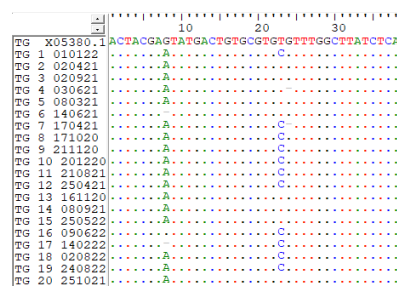
yang terletak sebelum start kodon. Analisis kandidat SNP terletak pada 5'UTR dari produk PCR berukuran 674 bp yang diamplifikasi dengan primer *forward* 5'-CCTGCTGCCTTTTGGTTGTC-3' dan *reverse* 5'-CCCACCCTGTTTTCTCTGCT-3'.

Direct sequencing dilakukan untuk mengkonfirmasi hasil dari PCR pada 20 sampel produk PCR. Hasil sekuensing yang telah di *alignment* menggunakan *software* Bioedit dan Mega 11 menunjukkan bahwa pada 20 ekor Sapi Pasundan Betina, tidak terdapat mutasi pada keenam kandidat SNP yaitu C422T, G133C, T354C, G392A, A430G dan T433G. Namun, ditemukan sepuluh titik mutasi lain di 5'UTR pada Sapi Pasundan yang termasuk ke dalam mutasi transisi dan transversi. Mutasi transisi merupakan perubahan basa nitrogen dalam DNA yang terjadi antara sesama jenis basa yaitu purin digantikan oleh purin atau pirimidin digantikan oleh pirimidin. Sedangkan, mutasi transversi adalah perubahan basa dari purin menjadi pirimidin atau sebaliknya (Wahyuni, 2016). Mutasi tersebut disajikan pada Gambar. 2. dan Tabel 1.

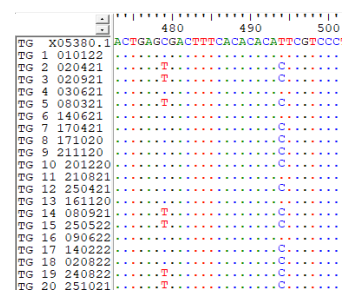
Penemuan mutasi pada sekuen nukleotida ini sesuai dengan yang ditemukan oleh Shin & Chung, (2007), dimana pada sapi Hanwoo ditemukan dua mutasi titik g.257C>T dan g.335A>G. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Anwar, dkk. (2017) yang menemukan tujuh mutasi pada 5'UTR gen *thyroglobulin* pada sapi Bali pada posisi g.240G>T, g.257C>T, g.274C>A, g.335A>G, g.387G>A, g.537C>T, dan g.552T>C.



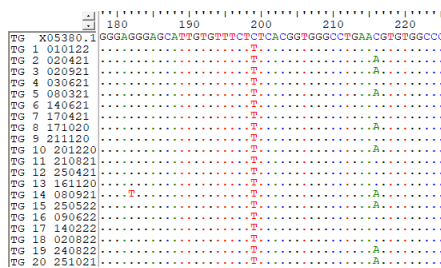
Gambar 1. Produk PCR Gen Thyroglobulin 674 bp



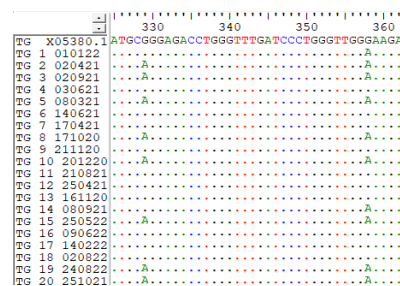
g.66 G>A; g.81 T>C



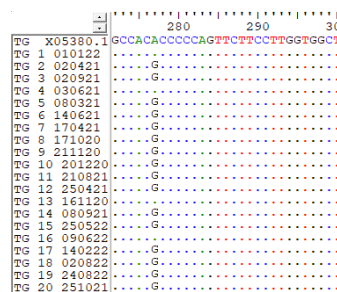
g.537 C>T; g.552 T>C



g.240 G>T; g.257 C>T; g.274 C>A



g.387 G>A; g.416 G>A

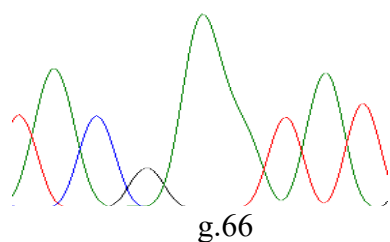


g.335 A>G

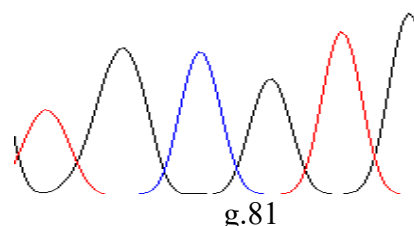
Gambar 2. Perubahan Nukleotida pada Gen Thyroglobulin

Tabel 1. Perubahan Nukleotida pada Gen Thyroglobulin

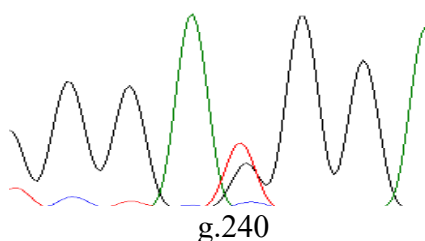
Sekuen	Perubahan Nukleotida	Jenis Variasi
g.66	G>A	Transisi
g.81	T>C	Transisi
g.240	G>T	Transversi
g.257	C>T	Transisi
g.274	C>A	Transversi
g.335	A>G	Transisi
g.387	G>A	Transisi
g.416	G>A	Transisi
g.537	C>T	Transisi
g.552	T>C	Transisi



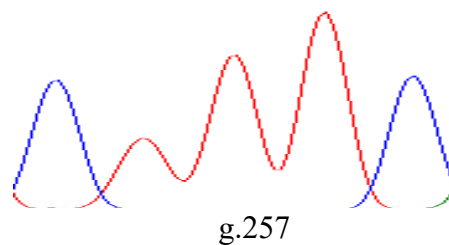
Bos Taurus ACGA**G**TATG
Mutasinya ACGA**A**TATG



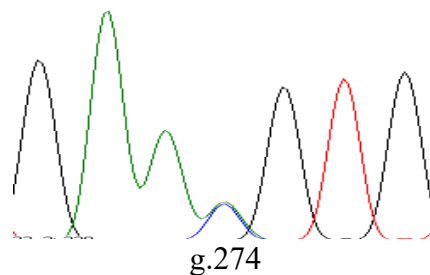
Bos Taurus CGTG**T**TTTG
Mutasinya CGTG**C**TTTG



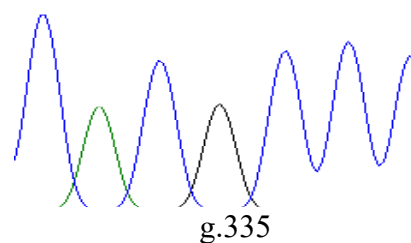
Bos Taurus GGG**A**GGGAG
Mutasinya GGG**T**GGAG



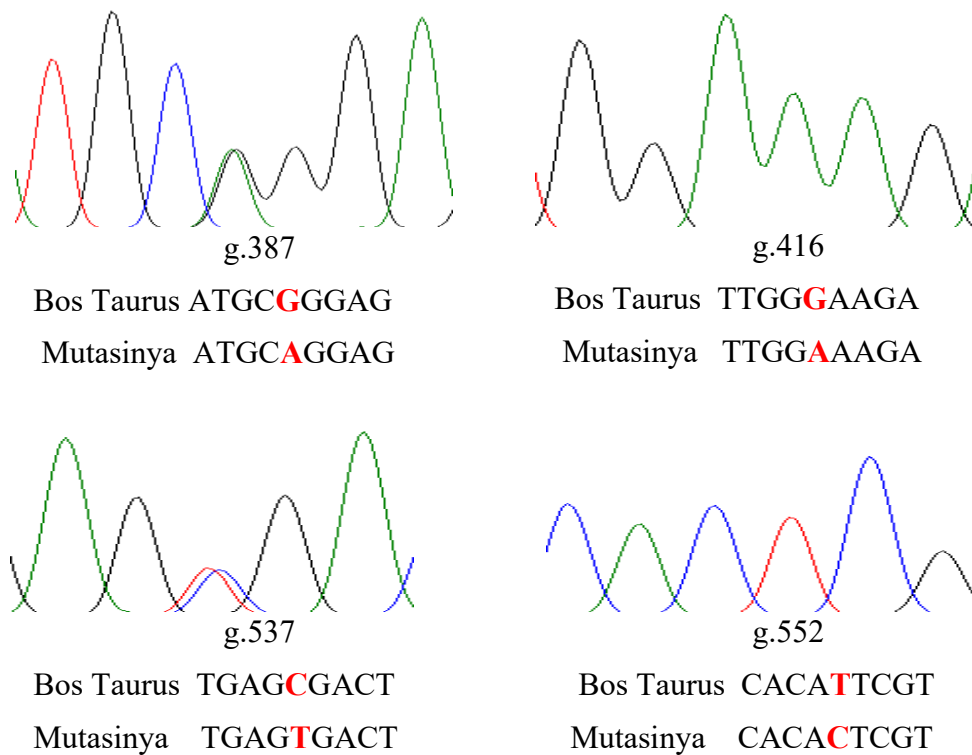
Bos Taurus TTCT**C**TCAC
Mutasinya TTCT**T**TCAC



Bos Taurus TGA**A**CGTGT
Mutasinya TGAA**A**GTGT



Bos Taurus CCAC**A**CCCC
Mutasinya CCAC**G**CCCC



Gambar 3. Kromatogram titik mutasi

Pada penelitian ini, tiga mutasi baru ditemukan yaitu g.66G>A, g.81T>C dan g.416G>A. Data mutasi tersebut *dialigment* berdasarkan data nukleotida gen *thyroglobulin* dengan kode akses Genbank: X05380.1 di NCBI. Mutasi yang ditemukan pada penelitian ini memiliki genotipe homozigot dan heterozigot yang dipaparkan melalui gambaran kromatogram pada Gambar 3.

2. Frekuensi Alel, dan Genotipe Gen Thyroglobulin

Frekuensi alel menunjukkan insidensi varian gen dalam suatu populasi. Alel merupakan bentuk varian gen yang terletak pada posisi yang sama atau lokus genetik pada kromosom. Dalam suatu populasi, frekuensi alel merupakan cerminan keragaman genetik. Perubahan frekuensi alel dari waktu ke waktu dapat menunjukkan bahwa pergeseran genetik sedang

terjadi atau bahwa mutasi baru telah terjadi dalam populasi.

Mutasi g.257C>T dan g.335A>G ditemukan pada penelitian Shin & Chung (2007). Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Czerniawska, P & Kowalewska, L (2020) menemukan mutasi g.257C>T dan g.335A>G dengan alel dan frekuensi genotipe yang berbeda dengan hasil penelitian ini. Pada mutasi g.257C>T, hasil penelitian menunjukkan genotipe dominan adalah CC (0,70) dengan frekuensi alel C sebesar 0,830.

Sementara itu, dalam penelitian ini, mutasi g.257C>T menunjukkan genotipe dominan TT (0,65) dengan frekuensi alel T sebesar 0,82. Mutasi g.335A>G dalam penelitian yang dilakukan oleh Czerniawska, P & Kowalewska, L (2020) menunjukkan genotipe dominan AA (0,59) dengan frekuensi alel A sebesar 0,765.

Tabel 2. Frekuensi Genotipe dan Frekuensi Alel pada gen Thyroglobulin

SNP	Frekuensi Genotipe			Frekuensi Alel	
g.66 G>A	AA	GA	GG	A	G
	0,75	0,10	0,15	0,80	0,20
g.81 T>C	CC	TC	TT	C	T
	0,45	0,10	0,45	0,50	0,50
g.240 G>T	GT	GG		T	G
	0,05	0,95		0,02	0,98
g.257 C>T	CT	TT		C	T
	0,65	0,35		0,17	0,83
g.274 C>A	AA	CA	CC	A	C
	0,05	0,40	0,55	0,25	0,75
g.335 A>G	GG	AG	AA	G	A
	0,65	0,15	0,20	0,72	0,28
g.387 G>A	AA	GA	GG	A	G
	0,10	0,30	0,60	0,25	0,75
g.416 G>A	AA	GA	GG	A	G
	0,30	0,20	0,50	0,40	0,60
g.537 C>T	TT	CT	CC	T	C
	0,05	0,30	0,65	0,20	0,80
g.552 T>C	CC	TC	CC	C	T
	0,65	0,05	0,30	0,67	0,33

Sementara itu, hasil penelitian pada sapi Pasundan betina menunjukkan genotipe GG (0,65) dengan frekuensi alel G sebesar 0,72. Pada penelitian yang dilakukan oleh Anwar, dkk. (2017), ditemukan mutasi yang sama dengan hasil penelitian pada sapi Pasundan betina yaitu g.240G>T, g.257C>T, g.274C>A, g.335A>G, g.387G>A, g.537C>T, dan g.552T>C.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 10 mutasi yang ditemukan pada sapi Pasundan betina memiliki empat genotipe yang berbeda yaitu AA, CC, TT dan GG. Dimana, genotipe CC dan GG merupakan genotipe yang terdapat pada empat mutasi yang berbeda yaitu 81T>C, 274C>A, 537C>T dan 552T>C untuk genotipe CC dan 240G>T, 335A>G, 387G>A, dan 416G>A untuk genotipe GG. Selain itu, terdapat alel A, G, C dan T pada mutasi

yang ditemukan. Rata-rata frekuensi alel G dan alel C lebih tinggi dari alel A dan alel T pada Sapi Pasundan. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini, Sapi Pasundan memiliki keragaman polimorfik. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan yang disampaikan oleh Monica, dkk. (2012) bahwa gen dikatakan (polimorfik) apabila jumlah alel dalam populasi lebih dari satu dan frekuensi alel kurang atau sama dengan 0,95%.

Gen *thyroglobulin* (TG) memiliki peran utama dalam regulasi metabolisme lemak dan penyimpanan lemak intramuskular (*marbling*) yang berpengaruh terhadap tekstur, cita rasa, serta kandungan gizi daging sapi. Thyroglobulin mengontrol produksi hormon tiroid, yaitu *triiodothyronine* (T3) dan *thyroxine* (T4), yang berfungsi dalam metabolisme energi, pertumbuhan

otot, serta diferensiasi sel lemak, sehingga memengaruhi komposisi asam lemak dalam daging. Polimorfisme atau variasi dalam gen *thyroglobulin* diketahui berkaitan dengan perbedaan tingkat marbling pada berbagai jenis sapi, di mana genotipe tertentu, seperti CC, dikaitkan dengan peningkatan kandungan lemak intramuskular (Gan, dkk. 2008; Zalewska, dkk. 2021). Pada Sapi Pasundan betina, teridentifikasi 10 mutasi dalam gen *thyroglobulin* pada 5'UTR dengan tiga diantaranya termasuk kedalam mutasi baru yang menunjukkan adanya keragaman genetik dalam populasi tersebut.

Mutasi yang terjadi pada 5'UTR dapat berpengaruh secara signifikan terhadap regulasi ekspresi gen. Sebagai wilayah non-koding yang berperan penting dalam regulasi translasi, 5'UTR mengandung elemen-elemen seperti *upstream open reading frames* (uORFs), situs pengikatan mRNA, *internal ribosome entry sites* (IRES), serta struktur sekunder RNA yang dapat memengaruhi efisiensi inisiasi translasi dan stabilitas mRNA (Ryczek, dkk. 2023).

KESIMPULAN

Gen *thyroglobulin* pada Sapi Pasundan betina teridentifikasi mengalami mutasi pada bagian 5'UTR. Dari hasil analisis ditemukan sebanyak sepuluh mutasi, dengan tiga di antaranya merupakan mutasi baru, yaitu g.66G>A, g.81T>C, dan g.416G>A, sedangkan tujuh mutasi lainnya meliputi g.240G>T, g.257C>T, g.274C>A, g.335A>G, g.387G>A, g.537C>T, dan g.552T>C. Berdasarkan sepuluh mutasi tersebut, teridentifikasi empat genotipe pada daerah 5'UTR gen *thyroglobulin*, yaitu AA, CC, TT, dan GG. Genotipe dengan frekuensi tertinggi adalah CC

dan GG, dengan dominasi frekuensi alel C dan G. Hal ini menunjukkan bahwa gen *thyroglobulin* pada Sapi Pasundan betina bersifat polimorfik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari riset dengan judul "Evaluasi Genetika dan Performa Reproduksi pada Sapi Pasundan" yang diketuai oleh Dr. Nena Hilmia, S.Pt., M.S.i. yang didanai oleh hibah Riset Kompetensi Dosen Unpad (RKDU). Sampel dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Perbibitan dan Pengembangan Inseminasi Buatan Ternak Sapi Potong Ciamis (BPPIBT Sapi Potong Ciamis). Penulis mengucapkan terima kasih kepada BPPIBT sapi potong Ciamis atas dan Universitas Padjadjaran atas dukungannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarenga, T. I. R. C., Chen, Y., Furu-sho-Garcia, I. F., Perez, J. R. O., & Hopkins, D. L. (2015). Manipulation of Omega-3 PUFAs in lamb: Phenotypic and genotypic views. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(3), 189–204.
- Anwar, S., Putra, A., Wulandari, A., Agung, P., Putra, W., & Said, S. (2017). Genetic Polymorphism Analysis of 5' Untranslated Region of Thyroglobulin Gene in Bali Cattle (*Bos javanicus*) from Three Different Regions of Indonesia. *Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 42(3), 175–184.

- Carvalho, T. D. De, Siqueira, F., Augusto, R. & Torres, D. A. (2012). Association of polymorphisms in the leptin and thyroglobulin genes with meat quality and carcass traits in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 2162–2168.
- Czerniawska, P. E. & Kowalewska, L. I. (2020). Effect of polymorphism in the 5' promoter region of the TG gene on the milk production traits of Polish Holstein-Friesian cattle. *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*, 16(1), 9–16.
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0506>
- Dolmatova, I., Sedykh, T., Valitov, F., Gizatullin, R., Khaziev, D., & Kharlamov, A. (2020). Effect of the bovine TG5 gene polymorphism on milk and meat producing ability. *Veterinary World*, 13, 2046–2052.
<https://doi.org/www.doi.org/10.14202/vetworld.2020.2046-2052>
- Gan, Q. F., Zhang, L. P., Li, J. Y., Hou, G. Y., Li, H. De, Gao, X., Ren, H. Y., Chen, J. B., & Xu, S. Z. (2008). Association analysis of thyroglobulin gene variants with carcass and meat quality traits in beef cattle. *Journal of Applied Genetics*, 49(3), 251–255.
<https://doi.org/10.1007/BF03195621>
- Gan, Q., Zhang, L., Li, J., Hou, G., Li, H., Gao, X., Ren, H., Chen, J., & Xu, S. (2008). Association analysis of thyroglobulin gene variants with carcass and meat quality traits in beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21(3), 251–255.
- Gunawan, A., Anggrela, D., Listyarini, K., Abuzahra, M. A., Jakaria, Yamin, M., Inounu, I., & Sumantri, C. (2018). Identification of single nucleotide polymorphism and pathway analysis of apolipoprotein A5 (APOA5) related to fatty acid traits in Indonesian Sheep. *Tropical Animal Science Journal*, 41(3), 165–173.
<https://doi.org/10.5398/tasj.2018.41.3.165>
- Gunawan, A., Sumantri, C., & Juniarti, R. (2017). Gen dan Keragaman Genetik Ternak (N. Andari (ed.); Cetakan 1). PT Penerbit IPB Press.
- Hilmia, N., Rahmat, D., Edianingsih, P., & Faisal, Y. (2022a). Komparasi Bobot Potong, Bobot Karkas dan Persentase Karkas Pada Sapi Rancah dan Peranakan Ongole Berdasarkan Mutasi Pada Gen Leptin. *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 47 (1), 137–141.
- Hilmia, N., Rahmat, D., Edianingsih, P., & Faisal, Y. (2022b). Komposisi Asam Lemak Pada Daging Sapi Rancah Dan Peranakan Ongole. *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 47(3), 425.
<https://doi.org/10.31602/zmip.v47i3.8502>

- Mears, G. J., Mir, P. S., Bailey, D. R. C., & Jones, S. D. M. (2001). Effect of Wagyu genetics on marbling, backfat and circulating hormones in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(1), 65–73.
- Monica WS, Widyastuti SK, Wandia IN. 2012. Keragaman populasi monyet ekor panjang di Pura Pulaki menggunakan marka molekul mikrosatelit D13S765. *Indon. Med. Vet*, 1(1): 37-54.
- Nei, M. (1987). *Molecular Evolutionary Genetics*. New York: Columbia University Press.
- Rydzek, N., Łyś, A., & Makołowska, I. (2023). The Functional Meaning of 5'UTR in Protein-Coding Genes. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3).
<https://doi.org/10.3390/ijms24032976>
- Shin, S. C., & Chung, E. R. (2007). Association of SNP Marker in the Thyroglobulin Gene with Carcass and Meat Quality Traits in Korean Cattle. *Asian-Aust J. Anim. Sci*, 20(2), 172–177.
- Tan, Z., & Jiang, H. (2024). Molecular and Cellular Mechanisms of Intramuscular Fat Development and Growth in Cattle. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(5), 2520.
<https://doi.org/10.3390/ijms25052520>
- Wahyuni, S. (2016). *Genetika molekuler*. Unimal Press.
- Zalewska, M., Puppel, K., & Sakowski, T. (2021). Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle A review. *Animal Bioscience*, 34(9), 425–1438.
<https://doi.org/10.5713/AB.20.0672>